

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Aplicação do *Value Stream Mapping* na melhoria de processo produtivo: caso de estudo na indústria automóvel

Ricardo Coutinho Campos



Mestrado Integrado de Engenharia Mecânica

Orientador na FEUP: Prof. Abílio Manuel Pinho de Jesus

Orientador na empresa: Eng. Messias Emanuel Costa Gomes

28 de Julho de 2017

**Aplicação do *Value Stream Mapping* na melhoria de
processo produtivo: caso de estudo na indústria
automóvel**

Ricardo Coutinho Campos

Mestrado Integrado de Engenharia Mecânica

Aprovado em provas públicas pelo Júri:

Presidente: Teresa Margarida Guerra Pereira Duarte

Arguente: António José Galvão Ramos

Vogal: Abílio Manuel Pinho de Jesus



28 de Julho de 2017

Resumo

As filosofias da produção *lean*, oriundas da cultura japonesa, foram apresentadas ao mundo ocidental como um substituto da produção em massa. A busca incessante pela redução de desperdício e utilização de ferramentas que promoviam a melhoria contínua levou ao sucesso da produção *lean* na indústria automóvel e respetiva propagação por todos os setores de produção e serviços.

O *Value Stream Mapping* é uma das ferramentas de gestão visual típicas destas filosofias que facilita a identificação de desperdício e oportunidades de melhoria no processo produtivo de uma organização.

O presente documento relata a utilização desta ferramenta no âmbito de um plano de melhoria levado a cabo na empresa INPLAS da Divisão Plásticos do Grupo Simoldes. O plano serviria para melhorar a rentabilidade do projeto que engloba algumas das peças para a mala da modelo de 2016 da carrinha Renault Megane Sport Tourer.

Durante o período de 4 meses do aluno, o plano de melhoria atravessou 3 fases. Na primeira, foi definido o estado atual do processo produtivo do projeto completo e proposta uma nova base para a utilização da ferramenta de mapeamento *lean* VSM. Seguidamente, com baseio no mapeamento realizado pelo aluno, uma equipa de melhoria multidisciplinar da INPLAS definiu um conjunto de ações de melhoria durante um evento *kaizen*. Por fim, as ações foram implementadas e os seus resultados monitorizados.

Este caso de estudo pretende demonstrar o impacto da utilização das ferramentas *lean* num contexto industrial no aumento de produtividade e a importância do contributo de todos os elementos de uma empresa para alcançar bons resultados de forma rápida.

Abstract

Lean manufacturing techniques that arose from the Japanese culture were introduced to the western world like a substitute to mass production. The endless search for waste reduction and application of tools that promote continuous improvements led to the triumph of *lean* manufacturing in the automotive industry and its respective propagation in every production and service sector.

Value Stream Mapping is one of the visual management tools typical of these techniques that makes easier to spot waste and improvement opportunities along the productive process of one organisation.

This document narrates the application of this tool within an improvement plan developed in the company INPLAS of the Plastic Division of Simoldes Group. This plan would be for improving the profitability of the project that includes some of the parts of the trunk of the 2016 model of Renault Megane Sport Tourer van.

During the 4 month period of the student's internship the improvement plan went through 3 stages. In the first one, the present state of the complete productive process was defined and a new methodology for applying the lean mapping tool VSM was proposed. Then, based in the mapped process, a multidisciplinary team from INPLAS defined a set of improvement actions during a kaizen event. Lastly, these actions were implemented and their results monitored.

The case study seeks to show the impact of lean tools in an industrial environment in productivity gain and the importance of all the company's personnel in achieving good results in a quick way.

Agradecimentos

Esta dissertação é dedicada a todos os que me apoiaram direta ou indiretamente ao longo dos últimos cinco anos.

À Faculdade de Engenharia e a todos os professores que acompanharam o meu percurso académico dentro e fora da sala de aula. Foi um privilégio fazer parte desta instituição que tanto contribuiu para a minha formação.

Ao meu orientador, Prof. Abílio de Jesus, pelos conselhos e orientação indispensáveis para a realização desta dissertação.

À INPLAS e Divisão Plásticos do Grupo Simoldes, pela oportunidade de realizar este projeto e a todos os elementos pela amizade e por facilitarem a minha integração numa nova realidade.

Ao Engenheiro Messias Gomes, pela orientação, disponibilidade e incentivo dados, essenciais para a realização deste projeto.

Aos meus amigos, que, só para eles, mereciam uma dissertação à parte.

À minha família, por toda a paciência e apoio incondicional que torna tudo o que ambiciono fazer possível.

Ricardo Coutinho Campos

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.1.1	A indústria automóvel e de componentes	1
1.2	O Projeto KFB na INPLAS	2
1.2.1	História do Grupo Simoldes	2
1.2.2	INPLAS-Indústria de Plásticos S.A.	4
1.2.3	O projeto Renault Megane KFB	4
1.3	Objetivos e metodologia do projeto	5
1.4	Estrutura da dissertação	6
2	Da produção em massa ao <i>lean six sigma</i>	7
2.1	O sistema de produção em massa	7
2.2	O nascimento do <i>Toyota Production System</i>	7
2.3	O declínio da produção em massa e o triunfo das filosofias <i>lean</i>	8
2.4	O sistema americano <i>six sigma</i>	9
2.5	<i>Lean six sigma</i>	10
3	Os desperdícios numa organização <i>lean</i>	11
3.1	Valor acrescentado e desperdício	11
3.2	Classificação dos tipos de desperdício	12
3.2.1	Os 3 <i>Mudas</i> (abordagem tradicional japonesa)	12
3.2.2	Os 4 M's (abordagem pelo modelo TQM)	12
3.2.3	Os 7 desperdícios (análise americana do TPS)	12
3.3	Eliminação de desperdício com <i>kaizen</i>	15
4	Ferramentas típicas das filosofias <i>lean six sigma</i>	17
4.1	Sistema pull com cartões	17
4.1.1	Cartões <i>kanban</i>	18
4.1.2	Princípio de funcionamento	18
4.1.3	Uso do <i>milk-run</i>	19
4.2	Os 5 Ss	19
4.3	Jidoka	20
4.3.1	Sistema de sinalização <i>andon</i>	20
4.3.2	Práticas anti-erro (<i>Poka-Yoke</i>)	20
4.4	SMED (<i>Single Minute Exchange of Die</i>)	21
4.5	TPM (<i>Total Productive Maintenance</i>)	21
4.6	Os 5 <i>Why's?</i>	21
4.7	VSM (<i>Value Stream Mapping</i>)	21

4.7.1	Mapeamento do estado presente	22
4.7.2	Mapeamento do estado futuro	22
4.7.3	Mapeamento ao nível do processo	25
4.8	Métricas <i>lean</i>	28
5	Caso de estudo: Projeto SP010/14	31
5.1	Características do processo produtivo	31
5.2	Objetivos e metodologia adotada	35
5.3	Recolha de informação	36
5.3.1	Quadros de controlo de produção	36
5.3.2	Cronometragem de tempos operacionais	37
5.4	Processo de mapeamento	38
5.5	Caracterização do estado atual	40
6	Ações de melhoria e resultados	45
6.1	O Evento <i>Kaizen</i>	45
6.2	Ações de melhoria	49
6.2.1	<i>Bas Marche</i>	49
6.2.2	<i>Dormant</i>	52
6.2.3	<i>Pied Ar</i>	54
6.2.4	<i>Tablette Lat e Rail Tendelet</i>	54
6.2.5	<i>Sup de Pied e Sup de Pied Extreme</i>	56
6.2.6	<i>Rampe e Porte Coffre</i>	58
6.2.7	<i>Lat de Vitre</i>	58
6.2.8	<i>Jupe</i>	61
6.2.9	<i>Trappe e Brancard</i>	64
6.2.10	<i>Pdc Partie Sup</i>	66
6.2.11	<i>Pdc Partie Inf</i>	68
6.2.12	<i>Cale Anti-pompape e Cache Charniere</i>	68
6.3	Procedimento para redução do tempo de ciclo	70
6.4	Impacto financeiro das ações de melhoria	73
7	Conclusões e trabalhos futuros	75
7.1	Conclusões	75
7.2	Trabalhos futuros	76
A	Peças e componentes projeto KFB	77
B	Tabelas dos estudos de amostragem	79
C	Análise dos defeitos e paragens na produção	93
D	Tabelas de custos operacionais	97
	Referências	99

Lista de Figuras

1.1	Destino das exportações da indústria de componentes em 2015.	2
1.2	Evolução do Grupo Simoldes.	3
1.3	Anúncio promocional Renault Megane Sport Tourer 2016.	5
3.1	Ilustração da classificação de desperdício segundo a abordagem dos 4 M's.	13
3.2	Estratégia de planeamento para aplicação de VSM.	16
4.1	Ilustração do princípio de funcionamento dos cartões <i>kanban</i>	19
4.2	Exemplo de mapa do estado presente de uma cadeia de valor.	25
4.3	Exemplo de mapa do estado futuro de uma cadeia de valor.	25
4.4	Relação entre tipos de paragens e tempos utilizados nos cálculos dos KPIs.	29
5.1	Fluxograma do processo produtivo na INPLAS.	31
5.2	Disposição e identificação de algumas das peças do projeto SP010/14.	32
5.3	(a) Exemplo de periférico de verificação; (b) Exemplo de célula de montagem. . .	33
5.4	Divisão das respetivas áreas do processo produtivo na INPLAS: (a) Injeção; (b) Montagem; (c) Matéria-prima e componentes; (d) Produto semiacabado e final; (e) Componentes; (f) Expedição	34
5.5	Planeamento e fases do caso de estudo.	35
5.6	Exemplo de quadro de controlo de produção com instruções de preenchimento. .	37
5.7	Ícones plastificados utilizados para o mapeamento da cadeia de valor.	38
5.8	VSM global físico do projeto SP010/14.	39
5.9	VSMs ao nível dos processos físicos do projeto SP010/14.	39
5.10	VSM global do estado atual do projeto SP010/14.	42
6.1	VSM global do estado atual com identificação de oportunidades de melhoria. . .	46
6.2	<i>Layout</i> do posto de trabalho da peça <i>Bas Marche</i> antes e depois da redução de um operador.	50
6.3	VSM do estado atual (<i>Bas Marche</i>)	51
6.4	VSM ao nível do processo do estado atual (<i>Dormant</i>).	51
6.5	Célula de montagem para os moldes 8094 e 8105.	52
6.6	VSM ao nível do processo do estado futuro (<i>Dormant</i>).	53
6.7	VSM ao nível do processo do estado atual (<i>Pied Ar</i>).	53
6.8	VSM ao nível do processo do estado atual (<i>Tablette Lat</i>).	55
6.9	Periféricos de verificação: (a) <i>Sup de Pied</i> ; (b) <i>Sup de Pied Extreme</i>	56
6.10	VSM ao nível do processo do estado atual (<i>Sup de Pied</i>).	57
6.11	VSM ao nível do processo do estado atual (<i>Sup de Pied Extreme</i>).	57
6.12	VSM ao nível do processo do estado atual (<i>Rampe</i>).	59
6.13	VSM ao nível do processo do estado atual (<i>Porte Coffre</i>).	59

6.14	VSM ao nível do processo do estado atual (<i>Lat de Vitre</i>).	60
6.15	VSM ao nível do processo do estado futuro (<i>Lat de Vitre</i>).	60
6.16	Fotografia das duas versões da peça <i>Jupe</i> : (a) versão "Normal"; (b) versão "Inox".	61
6.17	VSM ao nível do processo do estado atual (<i>Jupe</i>).	62
6.18	Ações de melhoria no periférico de montagem da peça <i>Jupe</i>	63
6.19	Ações de melhoria na embalagem do componente <i>Cache Gache</i>	64
6.20	<i>Layout's</i> atual e futuro do processo produtivo da peça <i>Jupe</i>	64
6.21	VSM ao nível do processo do estado atual (<i>Trappe</i>)	65
6.22	VSM ao nível do processo do estado atual (<i>Brancard</i>).	65
6.23	<i>Layouts</i> atual e futuro do processo produtivo da peça(<i>Pdc Partie Sup</i>) com detalhe das tarefas dos operários.	66
6.24	VSM ao nível do processo do estado atual (<i>Pdc Partie Sup</i>).	67
6.25	VSM ao nível do processo do estado futuro (<i>Pdc Partie Sup</i>).	67
6.26	VSM ao nível do processo do estado futuro (<i>Pdc Partie Inf</i>).	68
6.27	VSM ao nível do processo do estado atual (<i>Cale Anti-pompage</i>).	69
6.28	VSM ao nível do processo do estado atual (<i>Cache Charniere</i>).	69
6.29	Exemplo de máquina de injeção.	70
6.30	Etapas do ciclo de injeção convencional.	71

Lista de Tabelas

1.1	Divisão e processos tecnológicos realizados na INPLAS	4
2.1	Relação entre o nível de <i>sigma</i> e os COPQs	10
4.1	Ícones para utilização em mapas de cadeias de valor	23
4.2	Níveis de classe mundial dos parâmetros da OEE	30
5.1	Previsão anual de quantidades de encomendas pela Renault	40
5.2	Análise da OEE do projeto SP010/14	43
6.1	Plano de ações de melhoria do evento <i>kaizen</i> projeto KFB SP010/14	47
6.2	Alterações nos parâmetros de injeção.	72
6.3	Resumo dos ganhos projetados para as ações do plano de melhoria.	73
A.1	Peças e respetivos componentes do projeto SP010/14 KFB	77
B.1	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Bas Marche</i> (estado atual)	80
B.2	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Dormant</i> (estado atual)	80
B.3	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Pied Ar</i> (estado atual)	81
B.4	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Sup de Pied</i> (estado atual)	81
B.5	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Tablette Lat</i> (estado atual)	82
B.6	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Sup de Pied Extreme</i> (estado atual)	83
B.7	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Rampe</i> (estado atual)	83
B.8	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Jupe</i> (estado atual)	84
B.9	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Pdc Partie Inf</i> (estado atual)	84
B.10	Estudo de amostragem das operações na linha de montagem da peça <i>Jupe</i> (estado atual)	85
B.11	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Trappe</i> (estado atual)	86
B.12	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Lat de Vitre</i> (estado atual)	86
B.13	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Pdc Partie Sup</i> (estado atual)	87
B.14	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Brancard</i> (estado atual)	88
B.15	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Rail Tendelet</i> (estado atual)	88
B.16	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Porte Coffre</i> (estado atual)	89
B.17	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Cale Anti-pompage</i> (estado atual)	89
B.18	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Cache Charniere</i> (estado atual)	90
B.19	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Dormant</i> (estado futuro)	90
B.20	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Lat de Vitre</i> (estado futuro)	91
B.21	Estudo de amostragem das operações na peça <i>Pdc Partie Sup</i> (estado futuro)	91
C.1	Códigos e designação dos diferentes tipos de paragens na produção	94

C.2	Códigos e designação dos diferentes tipos de defeitos na produção	94
C.3	Análise dos PPMs do projeto SP010/14	95
C.4	Análise das paragens na produção do projeto SP010/14	96
D.1	Custos energéticos de produção em função do tipo de máquina	97
D.2	Custos associados à produção	98

Abreviaturas

S.A.	Sociedade Anónima
PIB	Produto Interno Bruto
E.U.A.	Estados Unidos da América
Inc.	Incorporated
INPLAS	Indústria de Plásticos
AFIA	Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel
ACS	<i>Advanced Customer Service</i>
CSC	Centro de Serviço ao Cliente
SP	Simoldes Plásticos
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
MRP I	<i>Material Requirements Planning</i>
MRP II	<i>Material Resources Planning</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
GE	<i>General Electrics</i>
CTQ	<i>Critical To Quality</i>
COPQ	<i>Cost of Poor Quality</i>
VA	Valor Acrescentado
VNA	Valor Não Acrescentado
WIP	<i>Work In Process</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
FIFO	<i>First In First Out</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PPMs	Partes Por Milhão
OF	Ordem de Fabrico

Símbolos

m^2	metro quadrado
s	segundos
h	horas
T	tempo base
n	número de amostras
z	desvio padrão normal para a confiança pretendida
s	desvio padrão da amostra
a	precisão do estudo de amostragem
\bar{x}	média aritmética dos tempos registados
NT	tempo normal
F_{ritmo}	fator de ritmo
TC	tempo de ciclo total
TC_{terico}	tempo de ciclo teórico
n^o	número
T.Ocup	Taxa de Ocupação

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo pretende-se fazer a apresentação da empresa onde foi abordado o caso de estudo da presente dissertação e motivações para a realização desta mesma parceria com a FEUP. Será também feita uma breve apresentação do projeto e objetivos.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

O presente documento foi feito no âmbito da unidade curricular Dissertação para a obtenção do grau de mestre no Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

O documento aqui introduzido relata um caso de aplicação prática das filosofias *lean six sigma* em ambiente empresarial, no qual o aluno deu contributo presencial durante um período de, aproximadamente, 4 meses na INPLAS, fornecedor de componentes para a indústria automóvel.

1.1.1 A indústria automóvel e de componentes

Em Portugal, a indústria automóvel representa uma das principais contribuidoras no PIB nacional. A atividade desta indústria divide-se em três setores: o fabrico de moldes, de componentes e de viaturas automóveis. O Grupo Simoldes ao qual pertence a empresa INPLAS onde foi desenvolvido o projeto desta dissertação cobre dois dos três setores.

Segundo a AFIA (Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel), o setor de componentes para automóveis é o mais significativo, agregando cerca de 200 empresas e 42000 postos de trabalho. Este mercado exporta 84 por cento da sua produção, sendo o mercado europeu o principal como ilustrado no gráfico da Figura 1.1 (Rosa, 2016).

O grau de inovação dos processos tecnológicos motivados por investimentos frequentes, a mão-de-obra qualificada, a componente exportadora das empresas, a capacidade de produção flexível e a qualidade de produção são alguns dos fatores que distinguem a indústria portuguesa das restantes (Rosa, 2016).

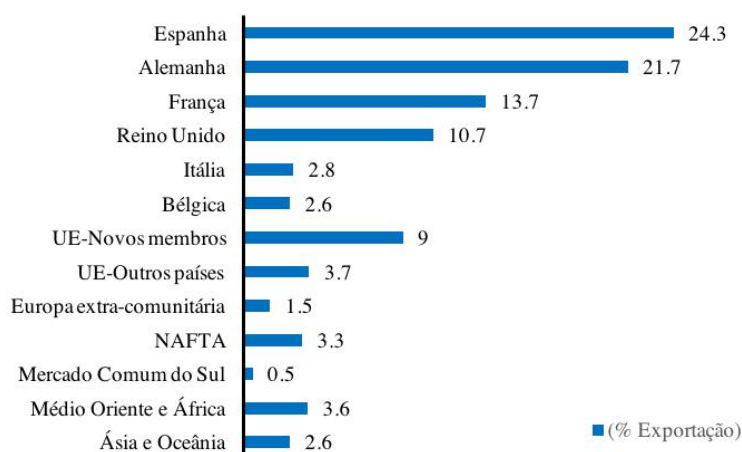


Figura 1.1: Destino das exportações da indústria de componentes em 2015.

Fonte: Rosa (2016).

Assim, esta dissertação dará o seu contributo no desenvolvimento deste setor prioritário para Portugal, reportando e aplicando melhorias no processo produtivo de componentes para automóvel.

1.2 O Projeto KFB na INPLAS

O caso de estudo desta dissertação foi realizado na INPLAS-Indústria de Plásticos S.A., empresa da Divisão Plásticos do Grupo Simoldes.

1.2.1 História do Grupo Simoldes

O Grupo Simoldes, sediado em Oliveira de Azeméis, iniciou a sua atividade em 1959 com a abertura da Simoldes Aços S.A. (ver Figura 1.2). A empresa dedicava-se, exclusivamente, ao fabrico de moldes para a indústria de injeção de plásticos com foco nos setores de atividade doméstica e brinquedos infantis do mercado português. Em 1968 o Grupo torna-se fornecedor para a indústria automóvel, setor de atividade que representa a maioria da sua produção no presente.

A indústria automóvel, como um dos mais exigentes setores, permitiu a expansão da empresa com a criação da divisão de plásticos em 1980, com a Simoldes Plásticos S.A.. A nova divisão permitiu completar o ciclo do processo integrando o fabrico e desenvolvimento do molde com a injeção de plásticos e acompanhamento do respetivo produto. Esta estratégia permitiu uma evolução conjunta de ambas as divisões com a abertura de 8 gabinetes técnicos, denominados de ACS (*Advanced Customer Service*) ou CSC (Centro de Serviço ao Cliente) com vista a prestar assistência direta aos principais clientes.

Presentemente, o Grupo Simoldes produz quase em exclusivo (98 por cento) para as grandes empresas da indústria automóvel: Volkswagen, Renault, PSA Peugeot Citroen, BMW, Mercedes

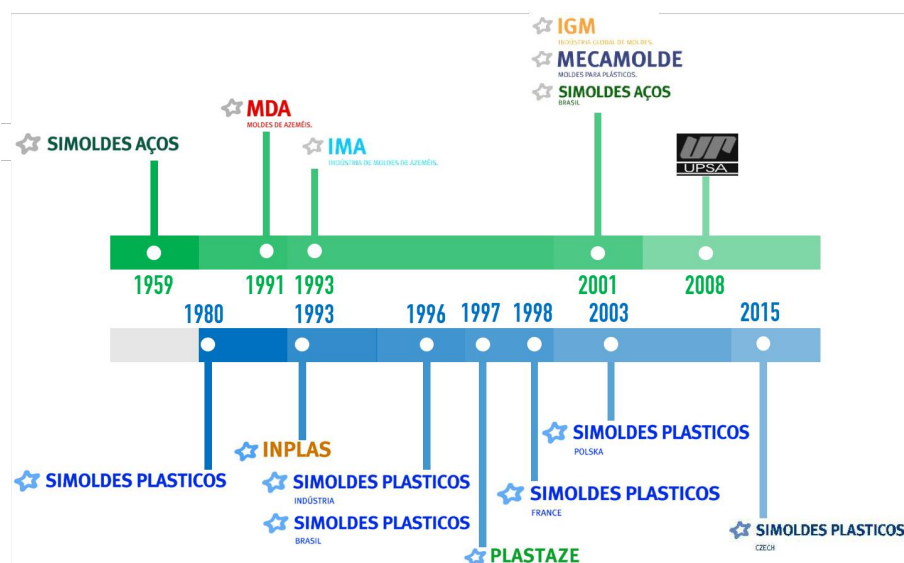


Figura 1.2: Evolução do Grupo Simoldes.

Benz, Volvo, GM, entre outras. Não descartando outros projetos de outras indústrias ao alcance do Grupo, tanto ao nível de desenvolvimento do molde como na produção de componentes, o Grupo produz moldes que podem alcançar as 120 toneladas e máquinas de injeção que vão de 35 a 3200 toneladas (Simoldes, 2016; Beira, 2007; Simoldes, 2017).

A atenção ininterrupta ao cliente garantiu ao Grupo ser galardoado com prémios de qualidade pelos clientes e reforçar o seu estatuto como um dos maiores e melhores grupos de produção de moldes em aço e injeção de termoplásticos a nível mundial. Apesar da dimensão, o Grupo continua a pertencer na sua totalidade à família de António Rodrigues e não há previsões para retirar a sede e centro de decisões de Oliveira de Azeméis.

Estrategicamente, o Grupo atua sobre um processo de melhoria contínua, que implementa desde 2006 para ganhar vantagem competitiva e reforçar a sua posição como líder europeu. Este processo será um dos pontos de foco desta dissertação e para o qual a empresa opera por base em quatro pontos chave (Simoldes, 2016):

- Objetivos de negócio;
- Ferramentas chave;
- Equipas de melhoria;
- Indicadores de performance.

Apesar de todas as empresas do grupo seguirem este conjunto de valores, cada uma destas opera independentemente e com foco em diferentes nichos de mercado cobrindo de forma mais ampla os setores onde atua.

Tabela 1.1: Divisão e processos tecnológicos realizados na INPLAS

Injeção	Pintura	Acabamento
Convencional; Baixa pressão sobre tecido; Bi-injeção; Sobre-moldagem de incertos metálicos; Colagem de chapas metálicas; Rebitagem; Injeção a gás.	Pintura de cor; Pintura <i>soft touch</i> ; Tampografia <i>multicolor</i> .	Soldadura (por ultra-sons, vibração ou lâmina quente); Operações de corte (laser, ultra-sons e jato de água); Montagem.

1.2.2 INPLAS-Indústria de Plásticos S.A.

Como ilustrado na cronologia da Figura 1.2, a INPLAS é uma das empresas da Divisão de Plásticos do Grupo Simoldes proveniente da primeira época de expansão nacional do Grupo no início da década de 90. Dando início à produção em 1993, a empresa realiza a injeção de termoplásticos, quase, em exclusivo para a indústria automóvel alemã. Como complemento da injeção de componentes, a empresa realiza ainda outros processos que a distingue das restantes empresas do grupo. Presentemente, a INPLAS divide-se em três setores de produção e os processos tecnológicos que cada um destes abrange são especificados na Tabela 1.1.

Para a realização destes processos, a empresa dispõe de uma área total coberta de aproximadamente 15000 m². Desta área, uma parte é utilizada para aprovisionamento de matérias-primas, componentes, produto semi-acabado e produto final, outra para expedição e ainda gabinetes da administração.

1.2.3 O projeto Renault Megane KFB

O caso de estudo desta dissertação é um dos projetos a decorrer presentemente na INPLAS. Este projeto consiste na produção de um conjunto de componentes que constituem o interior da mala da carrinha Renault Megane Sport Tourer de 2016 (ver Figura 1.3), sendo o projeto denominado de SP010/14. Dos clientes da indústria automóvel, a marca francesa não é dos que gera maior volume de produção no Grupo. No entanto, a marca, "*teve uma grande influência no desenvolvimento da Simoldes*", relembra o presidente António Rodrigues, sendo a primeira da indústria automóvel a trabalhar com o Grupo na década de 80 (Beira, 2007).

A fase de desenvolvimento do projeto teve início em Agosto de 2014 na "irmã mais velha" da Divisão Plásticos do Grupo, a Simoldes Plásticos S.A.. O projeto foi idealizado para iniciar a produção na Simoldes Plásticos S.A. mas no momento a produção da pré-série surgiram complicações que cresceram na preocupação do cliente e levaram à alocação do projeto à INPLAS. O atraso desenvolvido durante a pré-série acabou por ser corrigido e a produção arrancou, como previsto, em Julho de 2016. O trabalho realizado na INPLAS foi apreciado pela Renault que já



Figura 1.3: Anúncio promocional Renault Megane Sport Tourer 2016.

Fonte: www.renault.pt

atribuiu um projeto ainda maior, o modelo Renault Captur 2018, especificamente a esta empresa do Grupo.

Meio ano após o início de produção, Fevereiro de 2017, o projeto entra em fase de revisão e dispõe do contributo do estudante da Faculdade de Engenharia no processo de melhoria contínua conduzido por uma equipa multidisciplinar da INPLAS.

1.3 Objetivos e metodologia do projeto

Conhecidos os valores pelos quais se rege a empresa e os antecedentes do projeto são agora apresentados os objetivos estipulados inicialmente. Assim, a empresa propôs que o aluno integrasse a fase de revisão do projeto SP010/14 KFB Renault Megane onde seriam identificadas oportunidades de melhoria com recurso a uma ferramenta de gestão de produção baseada no *lean six sigma*: o VSM (*Value Stream Mapping*) ou "Mapeamento da Cadeia de Valor". Após a apresentação do aluno ao projeto, seguiu-se uma metodologia que se resume nos seguintes pontos:

1. Identificação dos processos de transformação de todos os produtos do projeto KFB;
2. Monitorização da eficiência dos processos com métricas *lean* adequadas;
3. Mapeamento e análise do estado atual do projeto;
4. Sugestão e planeamento de ações de melhoria com respetiva antevisão de ganhos;
5. Implementação das respetivas ações e monitorização das mesmas.

Em paralelo, pretende-se ainda uma análise crítica sobre as ferramentas *lean* e os resultados da sua aplicação na empresa.

1.4 Estrutura da dissertação

A orientação do conteúdo do documento desta dissertação segue os acontecimentos ocorridos desde a atribuição do tema ao aluno até ao fim do período de estágio e pode ser dividida em três partes principais:

- Preparação e recolha bibliográfica;

Os primeiros quatro capítulos englobam o estudo feito previamente chegada do aluno à empresa e consiste no enquadramento no meio industrial onde este será introduzido com foco nas filosofias *lean* e respetivas ferramentas.

- Caso de estudo na INPLAS;

Os Capítulos 5 e 6 discutem a aplicação das metodologias estudadas no projeto SP010/14. O primeiro foca-se na descrição dos procedimentos do aluno na definição do estado atual convergindo no mapeamento completo de todo o processo. O segundo descreve a avaliação da informação recolhida pela equipa de trabalho da INPLAS com identificação de oportunidades de melhoria e subsequente atuação.

- Avaliação crítica do trabalho realizado e conclusões.

Por fim, no Capítulo 7 é feita a reflexão do aluno sobre o trabalho realizado e resultados alcançados. São também apresentadas sugestões pessoais do aluno para a continuidade do plano iniciado e aperfeiçoamento dos seguintes.

Capítulo 2

Da produção em massa ao *lean six sigma*

A jornada de transformação de uma empresa para um modelo de produção *lean six sigma* começa por perceber as suas origens e de como estas filosofias moldaram o mundo moderno. Antes de serem combinadas numa única, *lean* e *six sigma* representavam duas abordagens de gestão diferentes. Neste capítulo será contada a história de origem de cada um destes conceitos.

2.1 O sistema de produção em massa

No início do século XX, Taylor (1911) foi o primeiro a conduzir um estudo da forma de como as empresas eram geridas. O taylorismo constitui um conjunto de princípios que enaltece a eficiência no trabalho e que projeta o desenvolvimento da melhor sequência de tarefas para o máximo de eficiência com foco num posto de trabalho específico.

Com o final da primeira guerra mundial e a recuperação mundial económica, a população americana começava a ter poder de compra como nunca antes tivera. As empresas com capacidade de produzir em grande escala eram relativamente poucas, resultando na baixa variedade de produtos e uma exigência dos consumidores reduzida. Num mercado de procura elevada e baixos níveis de exigência de qualidade, Henry Ford, inspirando-se nas teorias do taylorismo, introduziu a produção em massa na linha de montagem do famoso modelo "T" da Ford. A produção em massa de Ford reforçava as teorias de Taylor (1911) com a completa sujeição dos operários à linha e ao ritmo de produção.

O triunfo da produção em massa em detrimento da produção artesanal era justificado, não só pela capacidade de resposta à procura, mas também pela considerável redução dos preços de fabrico obtidos com este sistema.

2.2 O nascimento do *Toyota Production System*

Durante os anos de glória da produção em massa, o Japão, que saíra derrotado da segunda guerra mundial, tivera que combater dificuldades que outros, nomeadamente os E.U.A., não tinham:

- Matéria-prima mais cara (o Japão era um país com poucos recursos e não estabeleceria boas relações com países que os tinham e dos quais era obrigado a importar);
- Baixos salários (após a segunda guerra mundial foram impostas políticas de trabalho rígidas para combater a superioridade no mercado dos países vitoriosos);
- Menor procura (comparada com a procura nos países ocidentais que era alimentada pelo mais alto poder de compra e economia em crescimento).

Neste período recessivo, a indústria japonesa era incapaz de competir com os países ocidentais e os seus princípios de produção em massa, motivando a procura de um novo tipo de estrutura de gestão na qual não fosse necessário um maior investimento para atingir maiores níveis de produção e qualidade. A elevada exigência da indústria automóvel obrigava as empresas japonesas a produzir "*mais e mais com menos e menos*" (Womack e Jones, 1990). Estas condições levaram à transição de uma economia de grande escala e produção em massa para a produção *lean* materializada no TPS (*Toyota Production System*).

Entretanto, a situação nos mercados internacionais estava a alterar-se rapidamente.

2.3 O declínio da produção em massa e o triunfo das filosofias *lean*

Na década de 70, a procura e o poder de compra continuam com um crescimento estável. No entanto, o aumento do poder de compra veio seguido do aumento da exigência na qualidade e do nível de personificação dos produtos.

A produção na América e Europa começara a saturar com o sistema de produção em massa, atingindo o seu pico com a crise económica americana em 1971, com a saída dos E.U.A. do Sistema Bretton Woods. Em paralelo, também se verificava um aumento no custo do petróleo e gás natural resultante da guerra do Yom Kippur em 1973 (Hounshell, 1987). Estas oscilações económicas e políticas abalaram o sistema de produção em massa que tem um dos seus pilares a interminável entrada de investimento e recursos.

Perante esta nova realidade política e económica, as empresas japonesas, em especial a Toyota, entravam em vantagem com as suas estratégias *lean* já bem desenvolvidas de eliminação de desperdícios (os famosos 3 *mudas* de Ohno (1988)) e melhoria contínua (*kaizen*). No final dos anos 70, a produção *lean* preparava-se para destronar a produção em massa e iniciar uma nova revolução que começaria na indústria automóvel mas acabaria por alcançar as restantes.

Pode acrescentar-se que os países ocidentais acabaram por reagir a esta crise. A Europa, por um lado, mais protecionista, demorou um pouco mais para se conformar neste novo contexto. Por outro lado, os E.U.A. alteraram as suas políticas de forma a reduzir custos, especialmente com mão-de-obra, aumentando a automação nos processos (Liker e Meier, 2003). Foram também desenvolvidos sistemas de planeamento que ainda são utilizados hoje: MRP I (*Material Requirements Planning*) e MRP II (*Manufacturing Resources Planning*). As empresas americanas começaram a guiar-se por outro tipo de gestão e estratégias, também conhecido por TQM (*Total Quality Management*), como sugerido por Deming (1986) no seu livro "*Out of Crisis*".

Alguns dos princípios transmitidos por este novo modelo de gestão foram:

- Compreensão das exigências do cliente;
- Importância do *timing* no lançamento de novos produtos;
- Relevância da confiança no produto e no fornecedor;
- Redução de stocks e produção em lotes de pequena quantidade;
- Importância do cumprimento de prazos de entrega;
- Redução dos custos de produção;
- Redução dos custos de venda do produto.

As empresas japonesas também tiraram partido do TQM de Deming (1986), complementando os seus princípios de eliminação de desperdício com ferramentas de melhoria contínua como o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) e na descrição de Ohno (1988) e Shingo (1989) do TPS.

Por fim, os E.U.A. também começaram a importar as filosofias *lean* para os seus modelos de gestão. Womack e Jones (1990) do MIT publicaram o livro "*The Machine that Changed the World*" no qual foi apresentado o conceito de "*lean manufacturing*" face à produção em massa. Este livro, em conjunto com a sequência "*Lean Thinking*" (1996) e outros estudos (Altshuler et al., 1984; Krafcik, 1988) completou a proclamação do sucesso das filosofias de produção japonesa por todo o mundo.

2.4 O sistema americano six sigma

De 1985 até ao início dos anos 90 a empresa americana Motorola, Inc. aplicou uma metodologia que surgiu do TQM: o *Six Sigma*. O conjunto de técnicas desta metodologia começou por ser aplicado no processo de fabrico de componentes, mas rapidamente se alastrou para toda a organização da empresa. O sucesso da aplicação desta nova metodologia levou à sua utilização por outras empresas ocidentais como a GE (*General Electrics*) (Harry, 1988).

Qualquer processo, quer seja para obter um produto ou prestar um serviço, tem um objetivo bem delineado em termos de qualidade. No entanto, por natureza, estes processos estão sujeitos a uma certa variabilidade, fazendo-os fugir do objetivo. Os parâmetros que influenciam a qualidade final de um produto são definidos por CTQs (*Critical To Quality*). O desvio destes parâmetros é calculado estatisticamente pelo "*sigma*" (σ) ou desvio padrão.

Em geral, quanto maior for o valor de "*sigma*" em torno do objetivo ideal, menor será a probabilidade de obtenção de produtos fora dos níveis de qualidade exigidos. Isto traduz-se em maiores níveis de satisfação do cliente e menores custos de qualidade ou COPQs (*Cost of Poor Quality*).

Harry e Schroeder (2006) apresentam no seu livro "*Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*" a relação entre o nível de "*sigma*" e uma

estimativa dos custos de qualidade de uma empresa. Para um nível 6 de "*sigma*", os custos de qualidade correspondem a menos de 1 % do total de receitas da empresa (ver Tabela 2.1).

Tabela 2.1: Relação entre o nível de *sigma* e os COPQs

Nível de Sigma	Custo de qualidade (COPQ) estimado
2	Não aplicável
3	25 a 40 % das receitas
4	15 a 25 % das receitas
5	5 a 15 % das receitas
6	< 1% das receitas

Fonte: Harry e Schroeder (2006)

O princípio deste sistema baseia-se então na melhoria de qualidade pela redução de variabilidade como definido por Harry (1988). No seu livro "*The Nature of Six Sigma*" o próprio sugere uma série de procedimentos baseados nos cinco passos DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*) levados a cabo pela administração responsável por identificar estratégias e objetivos de médio-longo prazo.

Estas ferramentas com origem no TQM têm vindo a ser enriquecidas pelas filosofias *lean*.

2.5 *Lean six sigma*

Neste capítulo já foram referidas duas ferramentas distintas características da produção *lean* e do *six sigma*, o PDCA e o DMAIC, respetivamente. No entanto, ambas as metodologias fomentam o aumento da qualidade e redução de desperdício.

A comparação do sistema *six sigma* com a produção *lean* foi conduzida por empresas, consultores e outros especialistas. Qual seria a melhor? O consultor americano George (2002) foi o primeiro a analisar a combinação dos dois sistemas. Das suas afirmações, destaca-se a célebre expressão "*lean means speed*", na qual pretendia dizer que com *lean*, os problemas podiam ser resolvidos de forma mais rápida, complementando as abordagens rígidas e planos estatísticos complexos do *Six Sigma*.

O *six sigma* foca-se na resolução de problemas, individualmente, eliminando a variabilidade do processo. Por outro lado, a produção *lean* concentra-se na corrente do processo completo e na eliminação das atividades que não acrescentam valor (Taghizadegan, 2006).

No presente, as organizações com objetivo de ser bem-sucedidas e competitivas aplicam uma combinação das duas metodologias, *lean six sigma*. O grande número de conceitos e ferramentas pode gerar alguma confusão numa primeira abordagem ao tema, no entanto são muitos os casos de sucesso (Silva, 2015). A seleção da ferramenta perfeita nem sempre é alcançável. No Capítulo 3 são apresentados os princípios *lean six sigma* de eliminação de desperdício e algumas das ferramentas de ambas as filosofias concebidas para o efeito são brevemente descritas no Capítulo 4.

Capítulo 3

Os desperdícios numa organização *lean*

O propósito final de qualquer organização é a completa eliminação de desperdício em todas as etapas e departamentos que a formam. A maior parte do desperdício está presente nos processos de produção (na forma de operações desnecessárias) e inventário.

O presente capítulo é principiado pela definição do conceito de valor, seguido das diferentes interpretações na classificação de desperdícios e finalizado com a introdução a conceitos de melhoria contínua e *kaizen* para eliminação destes.

3.1 Valor acrescentado e desperdício

O primeiro princípio de uma organização *lean* sugerido por Womack e Jones (1990) consiste na definição de valor. Os autores definem valor como "*a capacidade de proporcionar ao cliente na altura e custo adequado como definido pelo próprio*".

Valor é o ponto de partida para um pensamento *lean* e deve ser definido pelo cliente final, não pela empresa.

A sequência das atividades desempenhadas, desde a gestão da mão-de-obra, materiais, máquinas e métodos constituem o processo de uma organização. Todas as atividades, apesar de terem o objetivo de acrescentar valor ao produto, nem sempre o fazem.

Uma actividade que acrescenta valor entrega um *output* de maior valor do que recebeu (*input*). Estas atividades e outros parâmetros associados vêm, normalmente, acompanhados da sigla VA (*Value Added*). De forma inversa, qualquer atividade que não acrescenta valor ao produto final é definida como NVA (*Non Value Added*) e deve ser vista como desperdício. No entanto, pode-se ainda distinguir um terceiro grupo de atividades que reúnem os processos que, apesar de não acrescentarem valor, são indispensáveis para o prosseguimento do processo.

Numa organização *lean*, o valor deve ser acrescentado ao menor custo possível, maximizando o investimento do cliente, motivando a busca contínua em procurar justificar todos os passos e a maneira de como estes são realizados.

3.2 Classificação dos tipos de desperdício

A classificação dos vários tipos de desperdícios já foi desempenhada diversas vezes e a sua divisão está sujeita à cultura e ao meio onde esta foi desenvolvida. Alguns exemplos e respetiva explicação são abordados nesta secção.

As diferentes perspetivas são importantes para a compreensão de algumas das ferramentas descritas no Capítulo 4.

3.2.1 Os 3 *Mudas* (abordagem tradicional japonesa)

Desde as primeiras referências ao TPS, muitas empresas recorreram ao termo "*muda*" para se referir a desperdício. No entanto, o termo japonês está relacionado apenas com um de três tipos de desperdício introduzidos por Shingo (1989).

Um dos princípios lean é o correto balanceamento entre capacidade e carga de trabalho. Isto é, a correspondência perfeita de trabalhadores, matéria-prima e máquinas com a produção atempada dos produtos requeridos pelo cliente. Os 3 "*mudas*" japoneses são:

- **Muda:** maior capacidade do que carga de trabalho (desperdício real);
- **Mura:** instabilidade na capacidade de produção (quando uma mesma atividade gera diferentes *outputs*);
- **Muri:** maior carga de trabalho do que capacidade (máquinas e operários sobrecarregados).

3.2.2 Os 4 M's (abordagem pelo modelo TQM)

Este conceito está relacionado com o diagrama de causa e efeito desenvolvido por Ishikawa (1984). Os tipos de desperdício são divididos conforme a sua origem: **Man** (homem), **Material** (matéria-prima), **Machine** (máquina) e **Method** (processo). O diagrama da Figura 3.1, ilustra a classificação de desperdício segundo esta abordagem.

Por vezes surge acrescentado um quinto *M* relativo a *Mother Nature* (mãe natureza) para representar os desperdícios que têm origem em alterações climáticas.

3.2.3 Os 7 desperdícios (análise americana do TPS)

No contexto das filosofias *lean* este é o método mais usual para classificação de desperdício. Este método de classificação baseia-se no acompanhamento das atividades que constituem o processo.

Os sete desperdícios segundo Womack e Jones (1990) são:

- **Produção excessiva**

Este tipo de desperdício pode ocorrer em duas situações distintas: quando uma atividade necessária do processo produz quantidades superiores ao necessário e quando a produção é adiantada, levando à acumulação de stocks. Normalmente, organizações onde se verifica

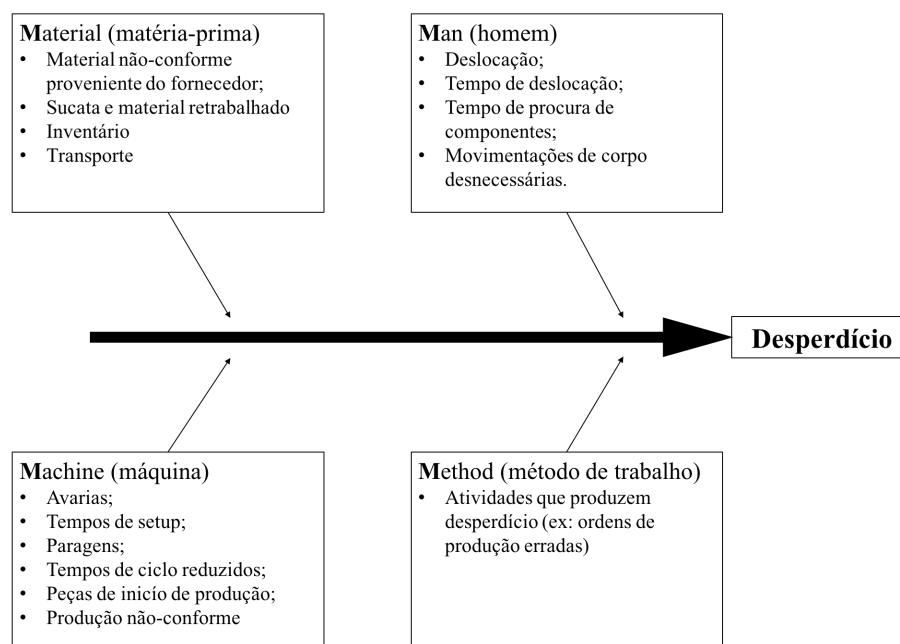


Figura 3.1: Ilustração da classificação de desperdício segundo a abordagem dos 4 M's.

este tipo de desperdício têm elevados níveis de produção, em lotes "mais económicos" de forma a encobrir algumas falhas do processo de fabrico. Exemplos destas falhas são: níveis elevados de não-conformes, incapacidade de resposta a variabilidade de encomendas e elevados tempos de mudança de ferramentas.

A produção excessiva é convidativa à criação de mais desperdício, escondendo problemas sobre elevados níveis de inventário.

• Excesso de *stocks*

A acumulação de inventário em armazéns está interligada à produção excessiva. Inventário representa o conjunto, ou conjuntos, de produto ou matéria-prima que foram armazenados por uma organização durante um período indeterminado de tempo. No caso de serem produtos entre atividades à espera de serem processados, são denominados de *WIP (Work In Process)*. Acumulação de *stocks* leva à ocupação de espaço, ao requerimento de mão-de-obra adicional, resultando no aumento de custos de produção.

Uma das características chave do TPS é o baixo nível de *stock* permitido pela corrente contínua de produção e atividades balanceadas no processo.

• Movimentações desnecessárias

Este desperdício relaciona-se com o tempo e energia despendidos em deslocações realizadas por operários numa dada atividade do processo. Uma má definição do *layout* ou desorganização do posto de trabalho traduz-se no acrescento da dificuldade em alcançar ferramentas ou outros objetos para desempenhar uma dada função. A identificação de movimentações

desnecessárias pode ser complicada, pois torna-se difícil distinguir as atividades que não acrescentam valor após definidas como uma etapa do processo.

- **Defeitos**

Quando um produto ou serviço não satisfaz os requisitos de um cliente da organização gera-se uma não-conformidade com o seu respetivo COPQ (ver definição Secção 2.4). A deteção desse defeito, quer seja internamente (antes do produto ser expedido para o cliente) ou externamente (quando o produto é recambiado pelo cliente) tem custos de retrabalho e de gestão de reclamações associado. O termo "*hidden factory*", conhecido dos que praticam as filosofias *lean six sigma*, retrata toda a produção e respetivos custos de não conformidades.

- **Sobre processamento**

Este tipo de desperdício resulta do desaproveitamento de tempo e energia para atingir níveis de qualidade que não são exigidos. O sobre processamento distingue-se da produção em excesso no sentido que este resulta de atividades que não são necessárias (NVA) do processo produtivo.

- **Tempo de espera**

O desperdício de tempo de espera está associado não só a operários, mas também a máquinas. Qualquer espera devido a avarias, trocas, atrasos, má definição de processos contribui para este tipo de desperdício. A produtividade numa organização é altamente afetada pela redução do tempo de ciclo obtida pela eliminação de tempos de espera longos.

- **Transporte desnecessário**

A disposição incorreta dos equipamentos numa fábrica resulta no transporte desnecessário de matéria-prima e produtos. Idealmente, estes devem circular numa linha contínua, o mais rapidamente possível, evitando a acumulação de *stocks* intermédios. Operários e equipas de apoio logístico devem estar localizadas o mais próximo possível umas das outras.

Recentemente, outro desperdício foi especificado: o "*desperdício de criatividade*" do operário, que resulta do desprezo da opinião do operador que desempenha uma dada tarefa e não tem oportunidade para contribuir na sua melhoria (Summers, 2011).

3.3 Eliminação de desperdício com *kaizen*

A eliminação de desperdício é um princípio que não está apenas presente em empresas. É uma prática de senso comum que, em organizações *lean*, é levada ao extremo. Um conceito importante também oriundo da cultura japonesa, *kaizen*, foi introduzido ao mundo ocidental por Imai (1986) e pode ser traduzido como "*mudança para melhor*".

Em contexto empresarial, *kaizen* consiste na busca contínua de eliminação de desperdício e redução de custos com foco nas necessidades do cliente. Este é composto por um conjunto de ferramentas (5S, SMED, TPM, VSM) que promovem a participação e interatividade entre todos os elementos envolvidos numa organização (Glover et al., 2011).

A ferramenta *Value Stream Mapping* é um dos blocos principais da aplicação *lean* nas empresas e ajuda a ter uma perspectiva mais ampla do projeto.

Apesar de apoiarem a eliminação de desperdício, a implementação das medidas de melhoria idealizadas por estas ferramentas costuma ser o ponto de colapso para muitas organizações. Quando uma organização não tem uma visão estratégica de ações ou a administração não apoia essa visão, qualquer medida de melhoria está destinada a falhar. Uma das técnicas utilizadas para apoiar a continuidade de progresso e melhoria é o *Hoshin Kanri* traduzida como "*política de lançamento*". Esta técnica encoraja todos os indivíduos da organização a procurar a raiz do problema antes de partir para a solução, criar planos sustentáveis de implementação, incorporar métricas de performance e tomar planos de ação apropriados (Cudney, 2009).

Apesar de também ter sido desenvolvida no Japão, esta técnica baseia-se no PDCA de Deming (1986) apresentado na Secção 2.3. Ao invés de focar na aplicação de processos de melhoria nos pontos que precisam de evidente atenção, *Hoshin Kanri* oferece um método efetivo que liga as estratégias de longo prazo definidas pela administração da organização aos planos de melhoria implementados por todos.

Com foco no VSM, uma das principais ferramentas de visualização utilizadas por empresas, Cudney (2009) sugere um método de cinco etapas que é amplamente utilizado por empresas para eliminar desperdício de forma sistemática e contínua (Figura 3.2):

Etapas 1: todos os elementos da organização devem ser sujeitos a formações sobre as práticas *lean* e seus objetivos. Esta etapa deve ser mantida ao longo do desenvolvimento das restantes etapas.

Etapas 2: são definidos os objetivos globais da empresa. Estes podem vir sob a forma de planos anuais, de 3 a 5 anos ou até na descrição da missão e valores da empresa. Os objetivos definidos pela administração devem ser distribuídos pelos vários departamentos da empresa com definição de indicadores de performance específicos a atingir. Cada departamento é encarregue de desenvolver atividades que envolvem todos na empresa integrando planos e equipas de melhoria.

Etapas 3: o VSM é desenvolvido para identificar áreas de possível melhoria no estado presente do projeto que serão idealizadas no VSM do estado futuro.

Etapas 4: é feita uma comparação entre o estado presente e futuro e priorizar as ações de melhoria mediante os objetivos globais estabelecidos previamente.

Etapa 5: após bem definidos os planos e ordem de ações, aplica-se as ferramentas clássicas *lean* com contribuição de todos.

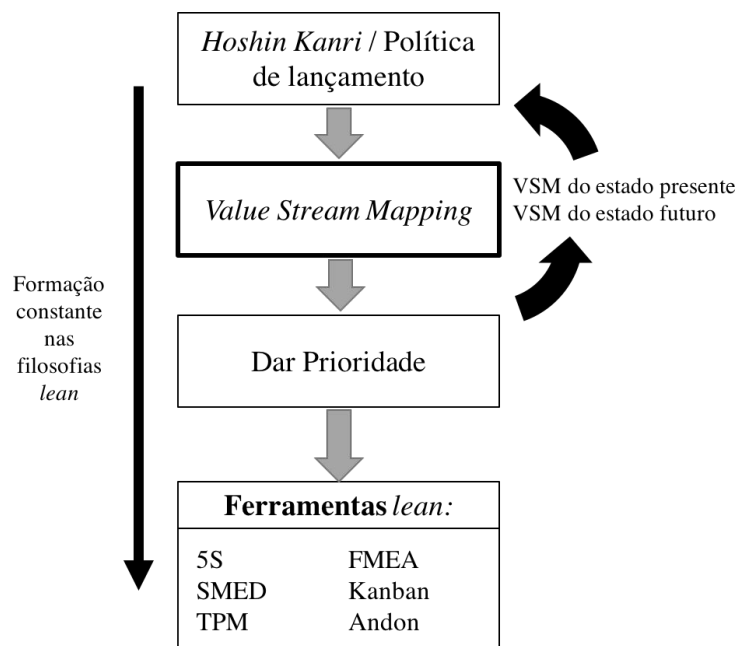


Figura 3.2: Estratégia de planeamento para aplicação de VSM.

O VSM e outras ferramentas típicas das metodologias *lean* que materializam o planeamento estruturado *Hoshin Kanri* são apresentadas no próximo capítulo.

Capítulo 4

Ferramentas típicas das filosofias *lean* *six sigma*

Nos capítulos anteriores debateu-se a necessidade de todas as organizações de eliminar as atividades que não acrescentam valor e criam desperdício.

Apesar dos estudos presentes na literatura não serem conclusivos, Hines et al. (1998) no artigo "*Value Stream Management*" reportam que as organizações iniciantes nas metodologias *lean* atribuem um peso aproximado de 75 por cento das atividades de valor não acrescentado dentro do processo completo. Como tal, têm vindo a ser desenvolvidos métodos que ajudam na identificação e eliminação destas atividades.

As diversas ferramentas descritas nas próximas secções atuam de forma sinérgica numa organização *lean*.

4.1 Sistema pull com cartões

A abordagem tradicional para controlar a produção, e que ainda é amplamente utilizada na indústria, consiste na calendarização de ordens de fabrico baseadas em previsões da necessidade do cliente. Visto que, mesmo com a ajuda de computadores, o ser humano ainda não consegue prever o futuro, este sistema denomina-se *push* porque "empurra" a produção de um processo para outro a jusante na cadeia de valor sem conhecimento prévio do que este irá efetivamente precisar.

Em alternativa surge o sistema *pull* da produção JIT (*Just In Time*), um dos pilares do TPS de Ohno (1988) e o segundo princípio de uma organização *lean* segundo Womack e Jones (1996). Ao invés de se basear em previsões, este método flexível e simples controla as ordens de fabrico tendo em conta encomendas concretas do cliente. Isto é, o cliente "puxa" a produção do último processo da cadeia de valor da organização que, respetivamente, "puxa" a produção de processos a montante. A implementação deste tipo de produção permite uma redução imediata e significativa do inventário e dos custos de produção. No entanto, o que acontece muitas vezes, é que a tentativa de implementação do sistema *pull* resulta apenas em inventários mais organizados e os processos continuam a produzir baseado em previsões do cliente (Rother, 2009).

Quando a sua implementação é correta, o controlo de produção torna-se subordinado apenas ao cliente final e é visível por todos com recurso a uma outra ferramenta, os cartões *kanban*. A utilização do *milk-run* também ajuda na aplicação deste sistema.

4.1.1 Cartões *kanban*

O termo *kanban* significa, literalmente, "etiqueta" e, como já foi referido, auxilia a produção do sistema *pull* e faz a ligação entre processos da cadeia de valor. Esta técnica de gestão visual segue um conjunto de regras e procedimentos aos quais os operadores devem ser introduzidos durante uma formação nas práticas *lean*. Tradicionalmente, existem dois tipos de cartão *kanban*: os de transporte e os de produção.

4.1.1.1 *Kanban* de transporte

O *kanban* de transporte auxilia o movimento de produtos de um processo para o outro e pode ser interno ou externo. O *kanban* interno liga os processos dentro da empresa, dando a ordem e informação necessária para retirar os componentes de armazém e serem utilizados num determinado processo. Este tipo de *kanban* é muito utilizado em linhas de montagem de vários componentes. Um *kanban* externo faz a comunicação com os fornecedores quando o *stock* de um dado componente está em baixo.

4.1.1.2 *Kanban* de produção

O *kanban* de produção funciona de forma similar ao de transporte, mas em vez de ser utilizado para retirar material de armazém e de ser transportado para o local de produção, dá a ordem de produção a um processo, indicado a quantidade a ser produzida para ser utilizada num processo posterior.

Idealmente, o *kanban* de produção é proveniente do local onde o respetivo é armazenado ou utilizado. No entanto, estes continuam, na maior parte dos casos a serem entregues pelo planeamento de produção da fábrica ou organização.

4.1.2 Princípio de funcionamento

A Figura 4.1 é uma descrição simples do fluxo de cartões *kanban* numa empresa. O processo principia no ponto 1 do canto superior direito com a ordem de produção para a linha de montagem no "Processo Cliente". Para a realização deste processo, a linha necessita de componentes em armazém e liberta um *kanban* de transporte, ponto 2. Mediante o pedido, o operário responsável pelo transporte entrega o respetivo componente na linha de montagem e transforma a retirada do componente do armazém na emissão de um *kanban* de produção, no ponto 3. Com a ordem de produção, o "Processo Fornecedor" restitui o componente previamente retirado do armazém.

A ilustração da Figura 4.1 é um exemplo simples, mas em casos reais os processos fornecedores recebem vários pedidos de processos a jusante e têm postos próprios para colocação de cartões

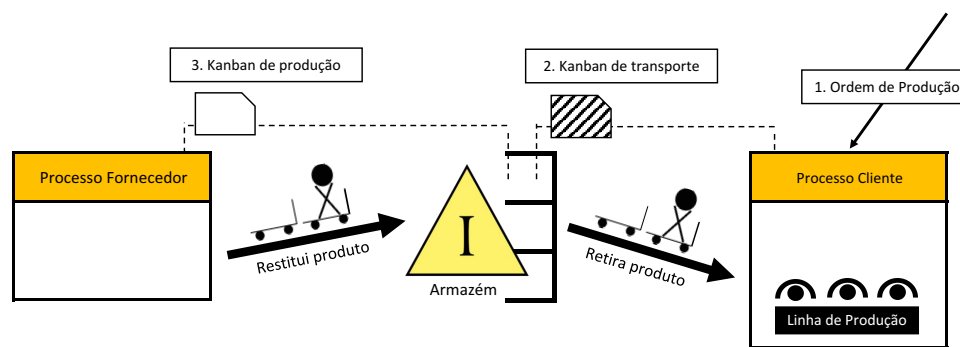


Figura 4.1: Ilustração do princípio de funcionamento dos cartões *kanban*.

kanban. Para o bom funcionamento deste método é vital que estes cartões sejam bem visíveis e duas regras básicas sejam cumpridas: apenas um cartão por contentor de componentes e quantidade e referência no cartão deve coincidir com a quantidade e referência dos componentes no contentor.

4.1.3 Uso do *milk-run*

O *milk-run* é uma função atribuída a um operário da gestão logística que garante o abastecimento das linhas de produção com contentores vazios, faz a respetiva retirada dos contentores cheios e transporta-os para serem armazenados ou entregues a outros processos. Normalmente, estes contentores são entregues e despachados em áreas de fácil acesso a este operário chamadas de "supermercado". O "supermercado" deve estar localizado próximo da linha de produção e os contentores devem ser de fácil manuseamento tanto pelo operador da linha como do *milk-run*.

Toda a atividade do operário do *milk-run* baseia-se nos cartões *kanban* libertados pelos vários postos e permite que o operário da linha de produção não despenda tempo à procura de embalagens e que o processo decorra sem interrupções.

4.2 Os 5 Ss

O método dos 5 Ss é utilizado para fomentar ordem e limpeza no posto de trabalho. Proveniente este também da cultura japonesa e introduzido por Imai (1986), o nome surge das iniciais de cinco palavras:

1. *Seiri*

Este termo significa "escolher e eliminar", isto é, escolher os objetos úteis dentro do processo e separá-los dos inúteis com consequente remoção destes do posto de trabalho para o lixo, reciclagem ou simplesmente alocar para onde são necessários. Tendo somente o que é necessário e na quantidade certa reduz defeitos e interferências na cadeia de valor, melhorando a qualidade e produtividade.

2. *Seiton*

"Ordenar" ou "arrumar". Após eliminação de interferências no processo, as ferramentas, equipamento e tudo o restante no posto de trabalho deve ser organizado de forma a tornar a sua utilização mais eficaz e rápida por parte dos operários.

3. *Seiso*

"Limpar" o que está sujo. Este princípio atenta ao operador para manter o local de trabalho limpo e identificar as fontes de sujidade que acabam por comprometer a produção.

4. *Seiketsu*

Significa "normalizar" e consiste na criação de regras e procedimentos que facilitam a identificação de problemas e o cumprimento destes princípios de forma consistente.

5. *Shitsuke*

O último passo desta metodologia consiste em "manter e melhorar" cada um destes procedimentos garantindo que não há retrocessos e que estes se tornam parte da rotina da empresa. Assim, garante-se criação de uma base sólida sobre a qual a empresa pode desenvolver a sua atividade.

Os 5 *Ss* a promoção da disciplina dentro da empresa através da consciência e responsabilidade de todos, de forma a tornar o ambiente de trabalho agradável, seguro e produtivo.

4.3 Jidoka

Como o sistema *pull*, *jidoka* é outro dos pilares do sistema JIT da Toyota e significa "automação humana". Esta ferramenta envolve um conjunto de condições para controlo da qualidade do processo. Dois sistemas muito comuns nas organizações *lean* são:

4.3.1 Sistema de sinalização *andon*

O *andon* é um dispositivo que é colocado próximo de um ponto de produção de uma fábrica que transmite o seu estado de funcionamento. Esta ferramenta é muito útil para fábricas com muitas linhas de produção, pois permite uma identificação clara por supervisores da presença de problemas e reduz o tempo desperdiçado na sua resolução.

4.3.2 Práticas anti-erro (*Poka-Yoke*)

Estes sistemas podem ser manuais ou mecânicos e permitem a deteção de defeitos ou erros durante a produção. O objetivo é reduzir o número de produtos não-conformes quando estes chegam ao cliente final (Shingo, 1989).

4.4 SMED (*Single Minute Exchange of Die*)

Apresentado por Dillon e Shingo (1985), SMED é um método de análise e redução do tempo de preparação, troca e afinação de moldes e ferramentas necessárias para o correto funcionamento de todo o processo de fabrico. O tempo de mudança de ferramenta define-se como: o tempo entre a última peça a sair de produção e a primeira peça boa após a mudança de ferramenta.

Para redução deste tempo realiza-se uma análise prévia dos tempos internos e externos, ou seja, os que só podem ser feitos com a máquina parada e os que podem ser feitos com a máquina a trabalhar, respetivamente. Após a distinção de ambos os tempos, procura-se separar os dois tipos e tentar efetuar o máximo de tarefas de preparação antes de terminar a produção anterior (Chiarini, 2013).

4.5 TPM (*Total Productive Maintenance*)

TPM ou "Manutenção Produtiva Total" é uma metodologia que organiza práticas de manutenção de ferramentas para que estas possam ser realizadas por qualquer operário e com uma frequência que garanta a disponibilidade da ferramenta em condições de funcionamento. A analogia ao "*templo TPM*" por Nakajima (1988) identifica os seguintes pilares deste método:

- Melhoria da qualidade do processo e eficiência dos equipamentos;
- Sensibilização e envolvimento de todos na organização;
- Prevenção da deteriorização e redução de custos de manutenção;
- Eliminação de defeitos no produto final;
- Melhoria de condições de trabalho.

4.6 Os 5 Why's?

Esta ferramenta é muito utilizada em organizações para encontrar a origem de um problema.

Começou por ser utilizada pelo fundador da Toyota, Sakichi Toyoda, fazendo a pergunta "porquê?" as vezes necessárias para conhecer os factos necessários para resolver o problema. Para utilização desta ferramenta pode-se utilizar uma tabela própria ou um diagrama (Ishikawa, 1984).

4.7 VSM (*Value Stream Mapping*)

O VSM é um método utilizado para mapear visualmente os fluxos de materiais e de informação ao longo de toda a cadeia desde a chegada de matéria prima até ao envio do produto final. É a ferramenta específica de mapeamento mais utilizada em organizações *lean* (Hines et al., 1998).

Como já foi referido na Secção 3.3 de planeamento estratégico, o desenvolvimento desta ferramenta divide-se em duas etapas que serão agora descritas de forma mais pormenorizada.

4.7.1 Mapeamento do estado presente

O mapa do estado presente ajuda a visualizar a corrente atual de materiais e informação. Na literatura existem muitas dicas e métodos para desenvolver estes mapas, no entanto, o método apresentado por Rother e Shook (1998) no seu livro *"Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda"* é dos com maior aceitação pelas organizações *lean* em ambientes industriais.

Este método começa por propor o completo desenvolvimento do mapa a lápis, para que o foco do responsável por fazer o mapeamento seja na corrente de valor e na sua respetiva análise e não no decifrar de programas informáticos. Por vezes, tomar decisões de forma *lean* resulta no desprezo pela tecnologia que pode levar ao aumento da complexidade do processo de forma exagerada. A recolha de informação para o preenchimento do mapa deve ser feita no *gemba* (termo japonês que se refere ao espaço real onde circulam os materiais) onde é mais fácil identificar os detalhes do processo quer por observação, quer por comunicação com operadores.

Uma forma de motivar a utilização de sistemas *pull* é analisando o processo na direção contrária à produção, a partir da entrega do produto final do cliente até a chegada da matéria prima dos fornecedores.

Um conjunto de ícones foi desenvolvido para facilitar a interpretação dos mapas por qualquer pessoa que esteja familiarizada com os conceitos básicos das filosofias *lean*. Estes ícones variam de organização para organização conforme campo de atividade e gostos pessoais. Na Tabela 4.1 são apresentados alguns dos ícones utilizados no projeto desta dissertação baseados naqueles propostos por Rother e Shook (1998).

Na Figura 4.2 está ilustrado um exemplo genérico de um mapa de cadeia de valor. Estes mapas estão normalmente divididos em duas secções principais. A parte superior é vocacionada para a circulação de informação. O processo inicia-se pelo pedido do cliente (no canto superior direito) e segue para a programação de produção da empresa. Após receção do pedido do cliente, a programação de produção comunica com fornecedores para garantir que a matéria-prima está disponível no início da produção. O transporte desta do fornecedor para a empresa também está representado (do lado esquerdo) por uma seta com o respetivo meio de transporte. O conjunto de processos de transformação da matéria-prima, normalmente exposto na parte inferior, começa com a chegada desta do fornecedor e atravessa as diversas estações de produção da esquerda para a direita até à expedição do produto final para o cliente.

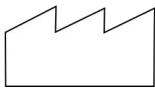
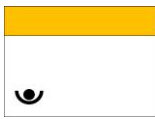
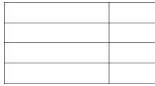


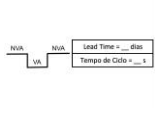

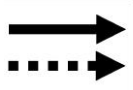

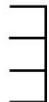
As explosões *kaizen* enaltecem os pontos do processo com maior prioridade para melhoria e nos quais é baseado o mapeamento do estado futuro.

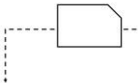


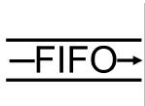

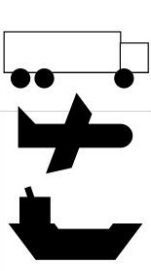
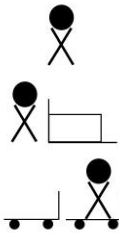

Apesar de ser projetado para a identificação de desperdício, o VSM também pode alertar para outros problemas como falta de segurança que anteriormente não eram visíveis.

4.7.2 Mapeamento do estado futuro

O mapeamento do estado futuro só pode ser realizado após o mapa do estado presente ter sido analisado e as principais fontes de desperdício identificadas. Observando agora o mapa da

Tabela 4.1: Ícones para utilização em mapas de cadeias de valor

Ícone	Significado
	Processo externo - Esta atividade é desempenhada fora da "nuvem" de autoridade da empresa. Normalmente, utiliza-se para representar a origem da matéria prima (fornecedores) e o destino do produto acabado (cliente).
	Processo interno - O processo correspondente a uma atividade desempenhada sob o controlo da empresa.
	Caixa de dados - Esta caixa está normalmente associada a uma atividade com os dados mais relevantes da mesma.
	Inventário - Representa stock de materiais entre operações e armazéns. Pode ser stock de matéria prima, componentes, de produto inacabado ou produto final. Se for um inventário organizado (com cartões kanban por exemplo) este símbolo deve ter o símbolo de supermercado ao lado.
	Operário - Este símbolo é utilizado tanto para indicar o nº de operários associados a uma tarefa. Por vezes, também é utilizado para posicionar o operário no <i>layout</i> de uma linha de produção.
	Linha de tempo - A linha é normalmente posicionada na parte inferior do mapa associando as operações aos tempos de VA (Valor Acrescentado) e VNA (Valor Não Acrescentado) e indicando os respetivos somatórios na extremidade direita.
	Setas de informação - A seta quebrada representa a circulação de informação por via eletrónica enquanto a seta simples representa a entrega de informação pessoalmente ou por papel.
	Setas de material - Representam a circulação de material entre etapas do processo. A seta riscada é característica dos sistemas <i>push</i> .
	Setas de retirada - Esta seta indica a circulação de material a partir de um inventário organizado ou supermercado típica dos sistemas <i>pull</i> .
	Supermercado - Este ícone representa uma estação de inventário controlada ou bem organizada. Ser organizada implica que a quantidade de cada produto no supermercado seja conhecida.

	Kanban de produção - Símbolo que representa a entrega do cartão <i>kanban</i> que liberta a produção num determinado posto ou linha de produção.
	Kanban de levantamento - Símbolo que representa a permissão para a retirada de bens do armazém ou supermercado utilizando um cartão <i>kanban</i> .
	Milk-run - Recolha e entrega de material automática com intervalo de tempo e trajeto definidos.
	FIFO - O símbolo <i>First-In-First-Out</i> representa a ligação física entre duas etapas do processo com capacidades diferentes em que o primeiro produto a entrar o primeiro a sair.
	Milkrun interno - Recolha e entrega de material automática com intervalo de tempo e trajeto definidos no interior da empresa.
	Transportes externos - Transporte de mercadoria (exemplo: camião, avião, barco, etc.). Quando conhecida, estes ícones, devem ser acompanhados da frequência de utilização do transporte em situações de operação normais.
	Abastecedor - Simboliza a presença de um operário encarregue de abastecer e recolher o material entre linhas de produção e armazéns conforme ordens de recolha. O transporte pode ser feito manualmente, com recurso a equipamento manual ou motorizado.
	Explosão Kaizen - Realça pontos de necessidade de melhoria <i>Kaizen</i> . Estes símbolos são fundamentais para auxiliar a construção do mapa do estado futuro.

(Continuação Tabela 4.1)

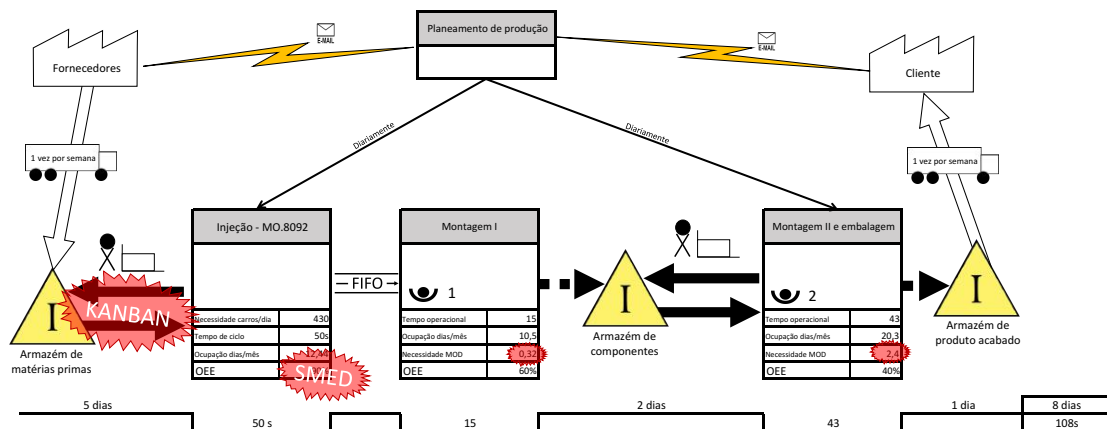


Figura 4.2: Exemplo de mapa do estado presente de uma cadeia de valor.

Figura 4.3, verifica-se a aplicação do sistema *pull* com cartões *kanban* para ordem de produção e retirada de matéria-prima do armazém. Prevê-se a organização de ambos os armazéns para o formato de supermercados organizados e que a circulação de material e produtos seja feita por um único operário "comandado" pelos pedidos dos cartões *kanban*.

Estas alterações resultaram numa redução do *lead time*, balanceamento conforme as necessidades de MOD e melhoria da OEE. Estes indicadores tipicamente utilizados no VSM são explicados seguidamente na Secção 4.8.

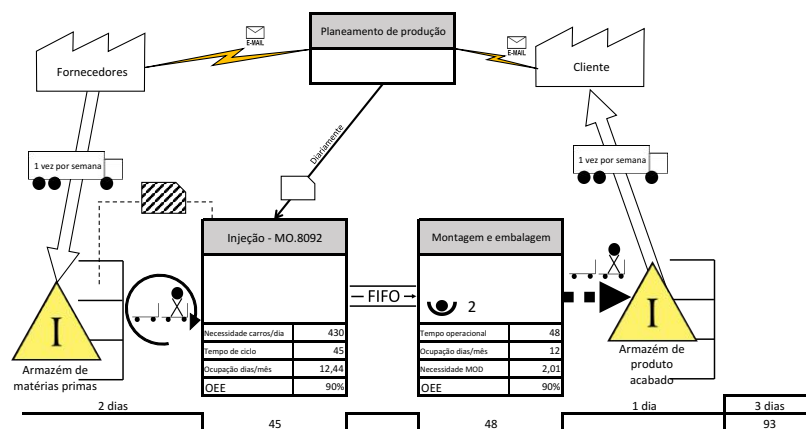


Figura 4.3: Exemplo de mapa do estado futuro de uma cadeia de valor.

4.7.3 Mapeamento ao nível do processo

VSM é normalmente utilizado para avaliar o processo produtivo de "ponta a ponta" englobando todos as atividades que transformam a matéria-prima em produto final. No entanto, a complexi-

dade ou a grandeza dos processos de algumas organizações levam ao desmembramento do VSM total em mapas de processos individuais com maior detalhe. O mapeamento ao nível do processo permite às equipas de melhoria fazer alterações em pequena escala para, agrupando as alterações de vários processos, resultar em grandes benefícios no global.

No exemplo ilustrado na Figura 4.2 os processos "Montagem I" e "Montagem e embalagem" com um e dois operários, respetivamente, prevê-se que sejam combinados num só processo "Montagem e embalagem" ilustrado na Figura 4.3. Normalmente, esta transformação exige que ambas as tarefas do estado presente sejam analisadas em detalhe como sugere Peter Hines (1997).

O procedimento de análise envolve também a cronometragem de cada etapa dentro do processo e respetiva classificação conforme o acrescento de valor desta discutido na Secção 3.1 definindo TVA (Tempo de Valor Acrescentado) e TVNA (Tempo de Valor Não Acrescentado) (Rother e Shook, 1998).

4.7.3.1 Amostragem de tempos de trabalho

Para a correta cronometragem dos tempos operacionais, Ribeiro e Roldão (2014) sugerem um método que envolve a utilização de um cronómetro ou máquina de filmar e a advertência dos operadores para o estudo que está a ser realizado.

Os passos e nomenclatura mais comum para realização de um estudo de amostragem do trabalho são:

1. Escolha da tarefa ou posto de trabalho a realizar o estudo de amostragem;
2. Informar os operários do estudo e objetivos do mesmo;
3. Fazer uma descrição prévia das etapas realizadas pelo(s) operário(s) e planear um programa para registo dos tempos;

A decomposição das várias etapas realizadas pelo operador deve ser tão curta quanto possível mas permitindo uma medição conveniente.

Vários estudos sugerem que a cronometragem deve ser realizada em condições de produção estáveis, isto é, a primeira hora de trabalho e após paragem de almoço não devem ser utilizadas para registo (Ribeiro e Roldão, 2014).

4. Observar e avaliar as atividades realizadas pelo operador e registar os respetivos tempos;

O registo das cronometragens deve ser feito em impressos especialmente concebidos para o efeito. Inicialmente uma breve análise deve ser feita para cálculo do número de observações necessárias. Nesta análise Ribeiro e Roldão (2014) indicam que 10 a 20 serão suficientes para compreender a natureza da amostra.

5. Cálculo do tempo base;

O tempo base (T) corresponde ao tempo mais provável que um operador necessita para executar a tarefa em estudo e a um ritmo ao qual este consegue cumprir durante toda a

duração do turno de trabalho, devendo ser considerados movimentos irregulares produtivos ou não produtivos. Conforme a natureza da atividade avaliada existem diferentes abordagens para o cálculo de T .

- Pela média aritmética

O tempo base corresponde à média aritmética dos registros. Este método é utilizado para baixos números de amostras ou quando os tempos de execução de um mesmo operador para uma dada tarefa diferem muito. Usando esta abordagem, o tempo base da etapa i do processo é calculado por:

$$T_i = \frac{\sum_{j=1}^n T_j}{n} \quad (4.1)$$

Em que n é o número de amostras do estudo.

- Pelo "método do módulo"

O tempo base corresponde à medida com maior frequência na série de tempos registrados. Este processo é utilizado quando o ritmo de produção em condições normais não estabiliza por fatores que o operador não consegue controlar.

- Pelo "método do segundo terço"

Após recolha da amostra, os tempos são ordenados de ordem crescente. O tempo base irá corresponder aquele cuja ordem é $\frac{n}{3} + 1$. Este método é fundamentado pela teoria estatística e é normalmente utilizado em amostras grandes ($n > 500$).

6. Determinar o número de observações necessárias

O cálculo de (n) garante que a dimensão da amostra é suficiente para garantir o grau de precisão e confiança exigidos pelo estudo de amostragem. Este pode ser calculado por:

$$n = \left(\frac{z \times s}{a \times \bar{x}} \right)^2 \quad (4.2)$$

Em que:

- z : Desvio padrão normal para o intervalo de confiança pretendido;
- s : Desvio padrão da amostra;
- a : Precisão do estudo;
- \bar{x} : Média aritmética dos tempos registrados.

O nível de precisão representa a percentagem média dos tempos registrados ao longo do estudo.

7. Correção do tempo base

Mediante análise crítica das condições do estudo realizado, é necessário incluir o fator de ritmo, F_{ritmo} . O tempo corrigido é caracterizado por tempo normal ou NT_i (*Normal Time*) e

é obtido pela seguinte expressão:

$$NT_i = T_i \times F_{ritmo} \quad (4.3)$$

O fator de ritmo está relacionado com condições anormais do estudo como a fadiga do operário ou ambiente desfavorável no local de trabalho.

8. Cálculo do tempo total

O tempo total (TC_i) corresponde ao somatório dos tempos base de cada tarefa corrigidos e corresponde ao tempo mais provável que o operador necessita para realizar um ciclo de tarefas.

$$TC_i = \sum NT_i \quad (4.4)$$

4.8 Métricas *lean*

Na Secção 3.3 abordou-se a relevância da utilização de metodologias como o *Hoshin Kanri* no planeamento estratégico de ações de melhoria numa organização. Para que seja possível medir o progresso da mesma relativamente aos objetivos traçados, recorre-se aos KPIs (*Key Performance Indicators*). Os KPIs controlam a performance das equipas de melhoria de cada departamento da organização e podem ser do tipo financeiro, de clientes, do processo ou de competências (Simol-des, 2016).

Considerando a área de desenvolvimento do projeto desta dissertação, este documento irá focar nos KPIs de processo. As organizações de excelência nas práticas *lean* recomendam que estes indicadores sejam facilmente calculáveis, de medição em tempo real e com divulgação frequente por toda a organização.

Os principais indicadores de performance de linhas de produção estão relacionadas com o *takt-time*. *Takt-time* é o ritmo de produção estipulado pelo cliente e é o melhor para definir o "ritmo objetivo" a que um produto acabado deve sair da linha da produção. O *takt-time* é calculado da seguinte forma:

$$Takt-time = \frac{\text{Tempo disponível}}{\text{Necessidades do cliente}} \quad (4.5)$$

Sendo que a necessidade dos clientes e o tempo disponível devem estar na mesma escala temporal (/dia, /turno). Apesar deste parâmetro definir o ritmo de produção ideal, ao lançar uma ordem de fabrico, as organizações estimam rendimentos operacionais em condições normais de fabrico para o cálculo do $TC_{teórico}$ (Tempo de Ciclo teórico). Este sugere um ritmo de produção mais lento para fazer face a paragens inesperadas que a organização não pode controlar:

$$TC_{teórico} = Takt-time \times \text{Rendimento } [\%] \quad (4.6)$$

Visto que desde o momento em que a empresa abre até ao momento que fecha (Tempo de abertura) existem muitas perdas de tempo e paragens que devem ser consideradas, a Figura 4.4 apresenta a relação entre os tempos envolvidos no cálculo dos KPI's e o tipo de perdas que normalmente ocorrem em que o Tempo de abertura tem a duração de 8 horas.

Tempo de abertura			
Tempo disponível			Perdas de disponibilidade
Tempo de funcionamento		Perdas de <i>performance</i>	Perdas de disponibilidade
Tempo efetivo	Perdas de qualidade	Perdas de <i>performance</i>	Perdas de disponibilidade

Figura 4.4: Relação entre tipos de paragens e tempos utilizados nos cálculos dos KPIs.

O tempo de abertura é o tempo programado para produção em que já são consideradas paragens para refeições, limpeza dos postos de trabalho ou troca de ferramentas. Quando uma paragem na linha de produção é motivada por avarias, faltas de componentes ou operadores e não está programada no plano de produção, diz-se fazer parte das perdas de disponibilidade. As perdas de performance dizem respeito a diferenças no tempo de ciclo planeado para a produção e o tempo de ciclo efetivo. Estas podem ser calculadas por:

$$\text{Perdas de performance} = [\text{n}^\circ \text{ peças objetivo} - \text{n}^\circ \text{ peças real}] \times TC_{\text{teórico}} \quad (4.7)$$

O tempo despendido no fabrico de peças não conformes, quer sejam estas resultantes de erros humanos ou dos próprios instrumentos está incluído nas perdas de qualidade:

$$\text{Perdas de qualidade} = \text{n}^\circ \text{ peças não conforme} \times TC_{\text{teórico}} \quad (4.8)$$

Esta diferenciação dos tipos de perdas é utilizada principalmente no cálculo no principal indicador da eficiência das máquinas e mão de obra humana na realização de ordens de fabrico, a OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). A OEE, ou "Rendimento Operacional" é calculado a partir da combinação de três fatores:

$$OEE = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade} \quad (4.9)$$

Em que os três fatores são calculados da seguinte forma:

- Disponibilidade: referente ao tempo de funcionamento dos equipamentos e operadores;

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo disponível}}{\text{Tempo de abertura}} \quad (4.10)$$

- *Performance*: referente ao desempenho do processo face ao programado;

$$Performance = \frac{\text{Tempo de funcionamento}}{\text{Tempo disponível}} \quad (4.11)$$

- *Qualidade*: referente à produção de peças que cumprem os requisitos do cliente;

$$Qualidade = \frac{\text{Tempo efetivo}}{\text{Tempo de funcionamento}} \quad (4.12)$$

Estudos realizados em diversas organizações revelam que a OEE na indústria ronda os 60 por cento. Como objetivo, os valores da Tabela 4.2 correspondem aos ideais de classe mundial deste indicador (Vee e Vee, 2002).

Tabela 4.2: Níveis de classe mundial dos parâmetros da OEE

Indicador	Nível de Classe Mundial
OEE	85.0%
Disponibilidade	90.0%
<i>Performance</i>	95.0%
Qualidade	99.9%

Fonte: www.vorne.com

Para efeitos de balanceamento de carga operária o indicador OMM (Ocupação Mensal da Máquina) indica o tempo necessário em turnos por mês necessários para satisfazer as necessidades do cliente a trabalhar ao $TC_{\text{teórico}}$. Considerando que uma organização trabalha 20 dias do mês e um turno de trabalho dura 8 horas, a OMM de um dado posto ou linha de produção é obtido por:

$$OMM \text{ (dias/mês)} = \frac{\text{Necessidade diária} \times TC_{\text{teórico}} \times 20 \text{ dias}}{3600 \text{ segundos} \times 8 \text{ horas} \times n^{\circ} \text{ turnos}} \quad (4.13)$$

A partir da Equação 4.13 é possível obter outros indicadores que auxiliam a distribuição de capital na empresa pelo cálculo de MOD (Mão de Obra Direta) associada a um dado processo. A Necessidade de MOD's depende da OMM, do número de operadores associados ao processo e o número de turnos diários e é obtida por:

$$\text{Necessidade de MOD's (MOD/mês)} = n^{\circ} \text{ operadores} \times n^{\circ} \text{ turnos} \times \frac{OMM}{20 \text{ dias}} \quad (4.14)$$

Por fim, outro indicador muito utilizado indica a totalidade de produto não conforme por cada milhão de peças produzidas, denominado de PPM's (Partes Por Milhão):

$$PPM's = \frac{n^{\circ} \text{ peças não conformes}}{n^{\circ} \text{ peças real}} \times 10^6 \quad (4.15)$$

Capítulo 5

Caso de estudo: Projeto SP010/14

O presente capítulo introduz o leitor ao caso de estudo desta dissertação: a aplicação da ferramenta VSM no processo produtivo no projeto SP010/14 (Simoldes Plásticos, décimo projeto de 2014) a decorrer presentemente na INPLAS, empresa da Divisão Plásticos do Grupo Simoldes. Neste capítulo será também apresentada a metodologia adotada ao longo do período de estágio na empresa no tratamento de toda a informação inerente ao projeto. Toda a informação recolhida converge na visão global do projeto que auxilia a identificação de oportunidades de melhoria apresentadas no Capítulo 6.

5.1 Características do processo produtivo

Apresentado na Secção 1.2.3, o projeto é constituído por alguns dos elementos que formam o interior da mala da carrinha Renault Megane 2016. O fabrico das peças deste projeto inclui, na sua maioria, dois dos três tipos de processos tecnológicos realizados na INPLAS (ver Tabela 1.1, pág. 4): injeção de termoplásticos e montagem de componentes. O fluxograma da Figura 5.1 ilustra as etapas do processo produtivo na conceção das peças do projeto.

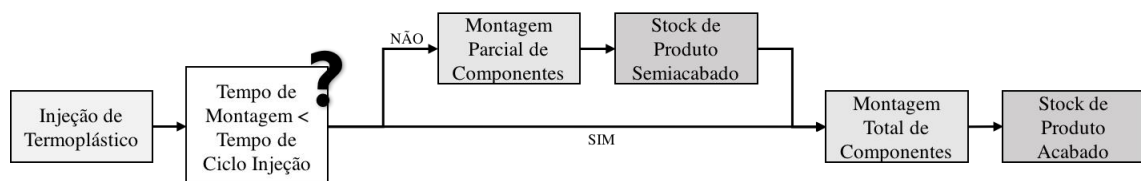


Figura 5.1: Fluxograma do processo produtivo na INPLAS.

Presentemente a INPLAS produz 17 dos 19 elementos do projeto, sendo que apenas uma peça é utilizada na versão elétrica do veículo e para a qual ainda não existem pedidos do cliente; outro tem produção subcontratada a outra empresa.

A Figura 5.2 ilustra diferentes vistas da disposição de maior parte das peças, com a respetiva identificação interna do molde que lhes dá origem e no final do presente documento (Anexo A) foi incluída a Tabela A.1 onde são também são ilustradas todas as peças com respetivos componentes montados posteriormente à injeção.

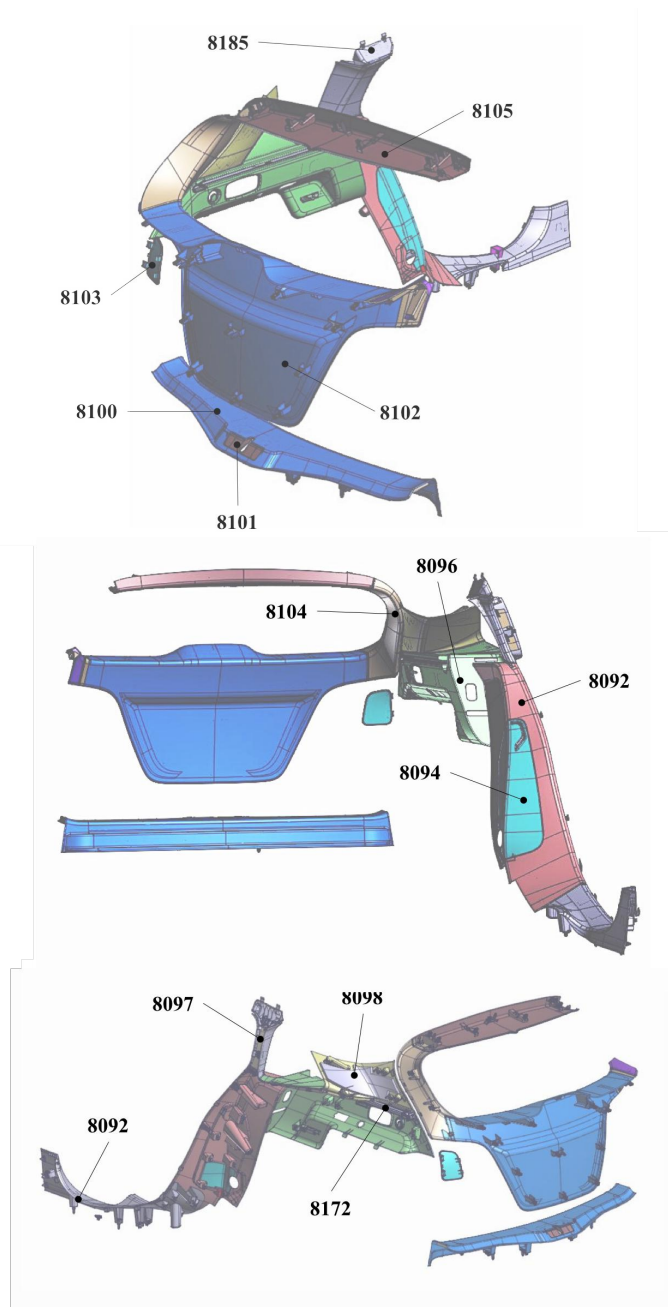


Figura 5.2: Disposição e identificação de algumas das peças do projeto SP010/14.

As peças são obtidas pelo processo de moldagem por injeção convencional de termoplásticos na qual os materiais base são: PP (Polipropileno), POM (Polióxido de Metileno) e PE (Polietileno).

Como perceptível na Figura 5.2, que apenas mostra as peças do centro e do lado do condutor, a maior parte dos moldes associados ao projeto têm duas cavidades, uma para a versão esquerda e outra para a direita. Isto é, em cada ciclo de injeção são obtidas duas peças, uma esquerda e outra direita.

De forma a cumprir os requisitos a nível de qualidade exigido pelos seus clientes, a empresa inclui muitos processos periféricos de verificação, Figura 5.3 (a). Antes de ser embalada, a peça deve ser sujeita a esta etapa de controlo onde são utilizados sensores que identificam a presença de componentes e incompletos na peça. Sinais luminosos auxiliam o operador na correção de anomalias ou, caso não existam, o periférico marca a peça como conforme.

Para os casos em que seja possível e justificado, são implementadas células robotizadas para a montagem de componentes. Estas células permanecem na linha de produção e podem servir diferentes peças de montagem simples alterando a base, ilustrada no exemplo da Figura 5.3 (b).

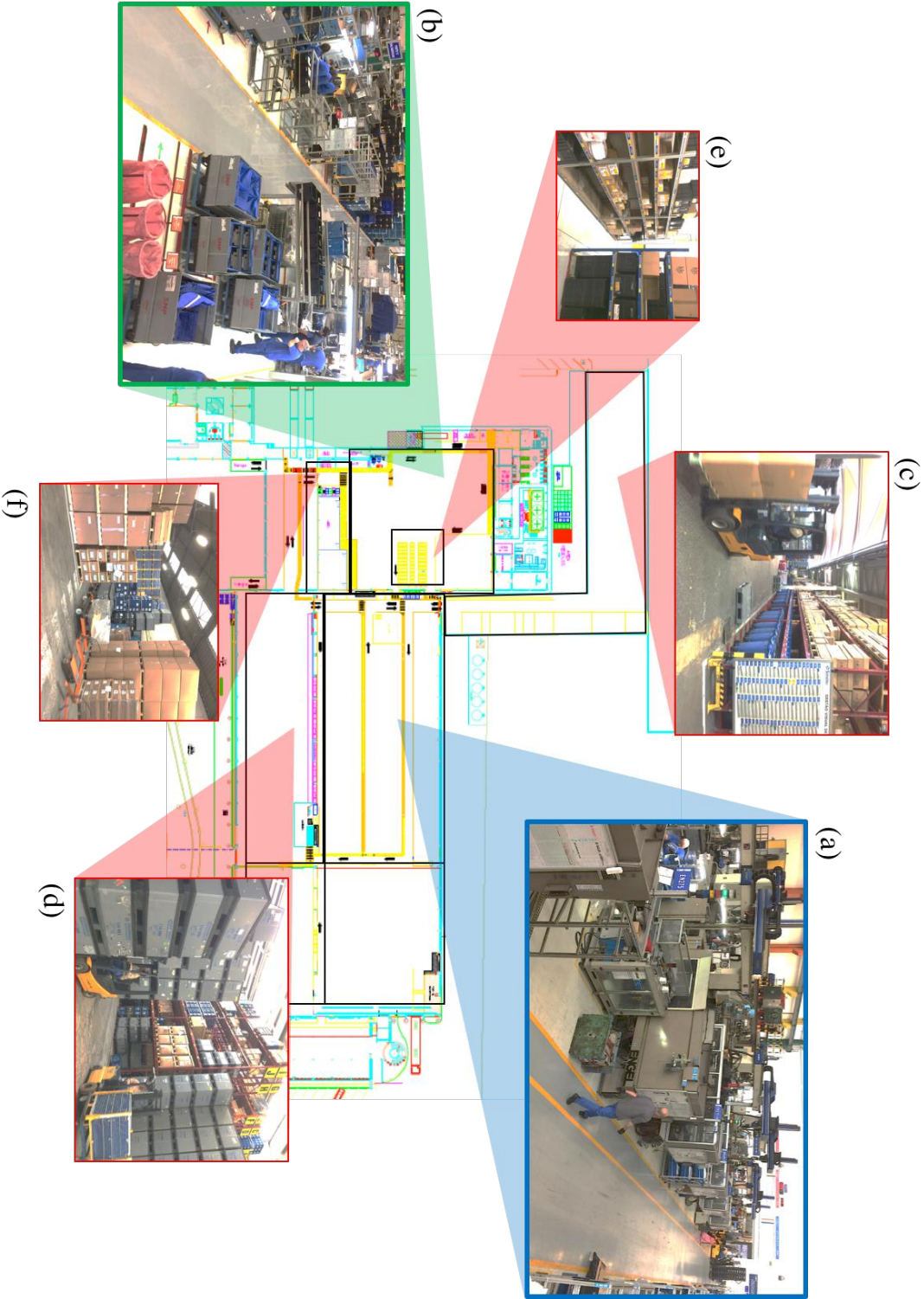


Figura 5.3: (a) Exemplo de periférico de verificação; (b) Exemplo de célula de montagem.

O módulo onde é realizada a injeção, Figura 5.4 (a), trabalha 24 horas por dia, 5 dias por semana em turnos de 8 horas. Visto que a montagem destes componentes é um processo simples e o tempo de duração desta não excede o tempo de injeção, esta pode ser feita à saída das peças da máquina de injeção por apenas um ou dois operadores.

Quando o tempo de montagem é muito elevado e não existe possibilidade de realizar a montagem à saída da máquina de injeção, esta é realizada no módulo de montagem, Figura 5.4 (b), que opera igualmente durante três turnos de 8 horas mas parando 30 minutos para refeições e 20 minutos para pausas em cada turno. Também na Figura 5.4 (c-f) é ilustrada a localização dos armazéns de produtos semiacabados e finais, de componentes e de expedição.

Figura 5.4: Divisão das respectivas áreas do processo produtivo na INPLAS: (a) Injeção; (b) Montagem; (c) Matéria-prima e componentes; (d) Produto semiacabado e final; (e) Componentes; (f) Expedição



5.2 Objetivos e metodologia adotada

O caso de estudo desta dissertação descreve os procedimentos aplicados na melhoria do processo produtivo do projeto SP010/14 recorrendo à ferramenta de gestão visual de mapeamento da cadeia de valor e promovendo o aumento da eficácia e qualidade em todas as etapas. Assim, foram definidos inicialmente os seguintes objetivos:

- Mapeamento de todos os processos com enumeração de tarefas, tempos operacionais e métricas *lean*;
- Sugestão e definição de ações de melhoria;
- Aplicação das mesmas com monitorização e comparação de resultados.

No gráfico da Figura 5.5 está descrito o planeamento das ações a realizar no projeto durante o período de estágio de 4 meses na empresa com respetiva identificação das diversas fases.

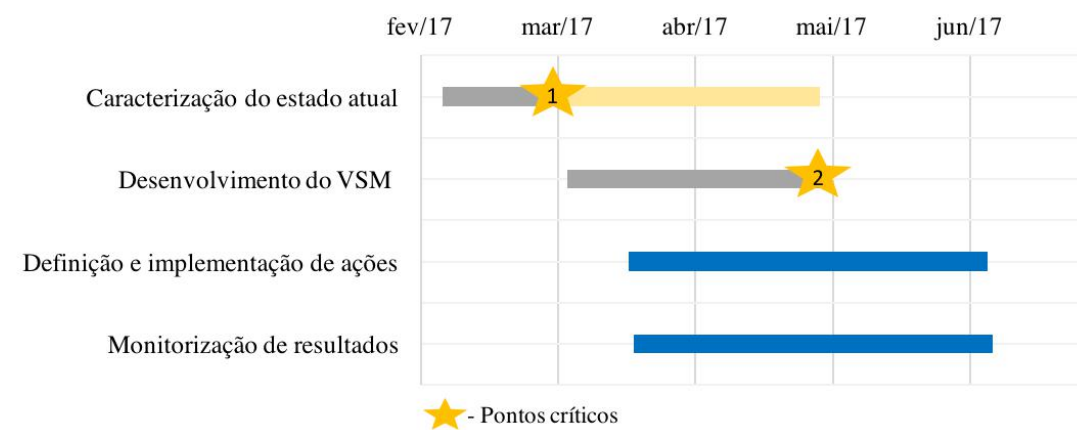


Figura 5.5: Planeamento e fases do caso de estudo.

A caracterização do estado atual do projeto, feita na Secção 5.5, foi possível pela recolha de informação no seguimento do projeto, cujos procedimentos são apresentados na Secção 5.3. O desenvolvimento do VSM, foco desta dissertação é parte integrante da definição do estado e a Secção 5.4 dedica-se especificamente à utilização deste na empresa.

Em paralelo com a interpretação do estado atual surge a implementação de ações de melhoria e monitorização das mesmas até ao fim do período de estágio.

Na Figura 5.5 são identificados ainda dois pontos críticos. O primeiro corresponde ao início dos estudos de amostragem realizados a cada um dos processos produtivos e que lançou o desenvolvimento do processo de mapeamento. O segundo ponto crítico marca a data da realização do evento *kaizen* com uma equipa multidisciplinar da empresa onde foi apresentado o mapeamento da cadeia de valor do projeto e onde foram definidas novas medidas de melhoria (ver Secção 6.1).

A implementação destas ações busca a eliminação de desperdícios e otimização dos processos da empresa com base nas filosofias *lean six sigma* e melhoria contínua.

5.3 Recolha de informação

Os procedimentos descritos nesta secção foram cruciais para a identificação de oportunidades de melhoria, mapeamento da cadeia de valor e monitorização das ações realizadas. A recolha de informação repartiu-se pelo registo do historial da produção e observação das atividades desempenhadas pelos operadores com respetiva cronometragem.

Inicialmente, foram também fornecidos pela empresa os documentos que auxiliaram o lançamento do projeto e processo onde para cada uma das peças estão incluídos:

- Gama de fabrico (*layout*, sequência de operações, etc...);
- Gama de controlo;
- Gama de embalagem;
- BOP (*Bill of Process*);
- PDS (*Project Data Sheet*).

5.3.1 Quadros de controlo de produção

Para a "alimentação" dos vários KPI's descritos na Secção 4.8 a INPLAS recorre a quadros onde é registada toda a informação da produção de cada posto de trabalho (injeção, montagem ou pintura) hora a hora. Estes são designados internamente como quadros TRS (Taxa de Rendimento Sintético) e são, também, parte integrante da gestão visual da fábrica. A Figura 5.6 é um exemplo destes quadros com respetivas instruções do preenchimento realizado pelos operários.

Para além das quantidades a produzir e as efetivamente produzidas, nestes quadros são também registadas todas as paragens (programadas e não programadas) em todo o tempo de funcionamento da fábrica e as quantidades de peças rejeitadas com respetiva indicação do defeito. No Anexo C a Tabela C.1 e Tabela C.2 enumeram os tipos de paragens e defeitos mais comuns na linha de produção da INPLAS com a correta designação a preencher no quadro de controlo de produção em caso de ocorrência.

Para auxiliar o acompanhamento da produção foram criadas folhas de cálculo com recurso ao Excel que, introduzindo os dados da produção, calculava os KPI's mais relevantes para o caso de estudo desta dissertação (Rendimento, PPM's e OEE) com apoio nas fórmulas apresentadas na Secção 4.8.

Figura 5.6: Exemplo de quadro de controlo de produção com instruções de preenchimento.

5.3.2 Cronometragem de tempos operacionais

Para obtenção dos diversos parâmetros que caracterizam as atividades dos operadores foram realizados estudos de medição do trabalho recorrendo a filmagens e cronometragens no posto de trabalho. Estes estudos fizeram-se em concordância com a metodologia apresentada na Secção 4.7.3.1 optando-se por uma amostra inicial de 15 observações.

Um dos documentos associados ao posto de trabalho de cada produto denominado de Gama de Fabrico permite padronizar e facilitar o trabalho dos operários. Apesar de serem realizadas por operadores diferentes, pretende-se que sendo as tarefas as mesmas, os tempos de operação devem ser o mais semelhantes possível.

O número de cronometragens necessárias foi calculado para um nível de confiança de 95 por cento e precisão de 10 por cento, conforme estudos prévios já realizados no Grupo Simoldes (Lima, 2014; Lacerda et al., 2016).

Para os casos especiais em que os tempos de operação apresentavam elevada variabilidade, estipulou-se que, no máximo, seriam feitas 25 medições. O cálculo do tempo base foi feito pela média aritmética dos registos visto que, em condições de produção normal, os tempos de execução não apresentavam muita variação.

O estudo dos tempos operacionais foi igualmente registado em folhas de cálculo baseadas nas utilizadas pela empresa na realização deste tipo de estudos.

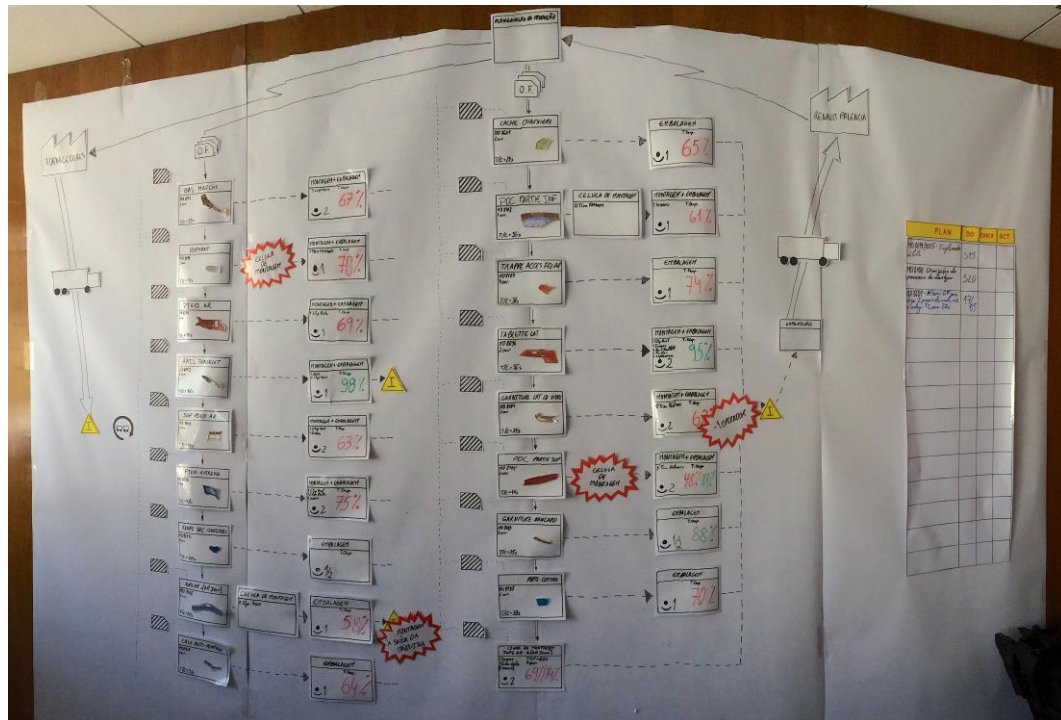


Figura 5.8: VSM global físico do projeto SP010/14.



Figura 5.9: VSMs ao nível dos processos físicos do projeto SP010/14.

5.5 Caracterização do estado atual

Nesta secção apresenta-se a compilação da informação recolhida para a definição do estado atual do projeto SP010/14. O VSM global do estado atual (Figura 5.10) é o ponto de partida para o desenvolvimento desta dissertação e para as ações de melhoria apresentadas no Capítulo 6.

Como ilustrado na Figura 5.10, o processo inicia-se com a previsão anual de encomendas, Tabela 5.1, fornecida pela fábrica da Renault, situada em Palencia, Espanha, ao planeamento da produção da INPLAS.

Tabela 5.1: Previsão anual de quantidades de encomendas pela Renault

Ano	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Quantidade	50887	89280	85284	83000	81000	79000	65549

Fonte: Documento interno Simoldes Plásticos

Tendo em conta as previsões de encomendas anuais submetida pela Renault o planeamento da produção inicial foi feito considerando uma eficiência global de 90 por cento, ou seja:

$$\text{Necessidade anual} = \frac{89280}{90\%} \approx 100000 \text{ carros/ano} \quad (5.1)$$

A partir desta precisão foi calculada a necessidade de carros diária:

$$\text{Necessidade diária} = \frac{100000}{10 \text{ meses} \times 22 \text{ dias}} \approx 455 \text{ carros/dia} \quad (5.2)$$

Consequentemente, o tempo de resposta ao cliente do projeto SP010/14 KFB foi calculado usando a Equação 4.5 para um turno de 8 horas por dia:

$$\text{Takt-time KFB} = \frac{\text{Tempo disponível}}{\text{Necessidades do cliente}} = \frac{8 \text{ horas} \times 3600 \text{ segundos}}{455 \text{ carros/dia}} = 63.30 \text{ s} \quad (5.3)$$

Apesar das previsões de consumo anuais, a necessidade diária de carros é frequentemente atualizada conforme a procura na fábrica da Renault em Palencia.

O planeamento da produção é encarregue de lançar as ordens de fabrico (*O.F.'s*) para toda a fábrica de forma a conciliar os pedidos de todos os clientes com a capacidade da fábrica. A produção é planeada em programas de duração de 120 horas. Com base na compilação de todos os pedidos, os fornecedores de matéria prima também são informados por via informática e fazem o transporte por camião da mesma para ser armazenada na forma de inventário na INPLAS. Neste inventário, lado esquerdo da Figura 5.10, estão também incluídos todos os componentes apresentados no Anexo A que são montados posteriormente à injeção.

As atividades do processo produtivo das peças estão mapeadas em duas colunas principais para melhor aproveitamento do espaço disponível. Em cada coluna principal, as atividades da esquerda correspondem ao processo de injeção de termoplástico realizado no módulo de injeção da INPLAS.

O processo de injeção está distribuído por várias máquinas com forças de fecho entre 150 e 1100 toneladas (ver coluna "*Posto*" Tabela 5.2). As *O.F.'s* são entregues pelo planeamento de produção ao respetivo posto e liberta cartões *pull* para o abastecimento do mesmo com matéria prima, componentes e embalagens pelo *milk run* interno da equipa de logística da INPLAS. Na caixa correspondente à atividade de injeção estão indicados: o nome da peça, código do molde (*MO*****), tempo de ciclo de injeção (*T.C.*) e uma imagem da peça produzida.

Após a injeção da peça, segue-se a montagem de componentes (quando necessária) que pode ser realizada por células de montagem ou por operários seguida da embalagem do conjunto. Quando a atividade é realizada por operários, a caixa é identificada com o número de operários incluídos na mesma e a taxa de ocupação de cada operário (*T.Ocup.*) calculada da seguinte forma:

$$T. Ocup = \frac{\text{Tempo Operacional}}{\text{Tempo de Ciclo Injeção}} \times 100 [\%] \quad (5.4)$$

As taxas apresentadas são as mais baixas incluídas em cada processo, indicando a percentagem de ocupação do operário mais desaproveitado, e resultaram dos estudos de amostragem apresentados no Anexo B.

O processo produtivo termina no transporte das embalagens para o armazém de produto acabado onde permanece até ser expedido, por via terrestre, para a fábrica da Renault.

Para além do VSM global, a Tabela 5.2 auxilia na caracterização do estado atual enumerando, para cada peça, o estado de produção com foco nas métricas do Rendimento, OEE e total de PPMs.

Para o cálculo da OEE e restantes métricas recorreu-se às fórmulas da Secção 4.8 em que as perdas de *performance* de cada processo são calculadas considerando o $TC_{teorico}$ mínimo de ser praticado, ou seja, 2 segundos inferior ao definido para o processo.

Foi também feita outra análise para apoio do VSM onde foram identificados os defeitos e paragens com maior ocorrência para cada molde no projeto, cujas folhas de cálculo foram indexadas no final do documento no Anexo C.

No próximo capítulo o processo produtivo de cada peça será apresentado juntamente com as ações de melhoria propostas e implementadas em cada caso.

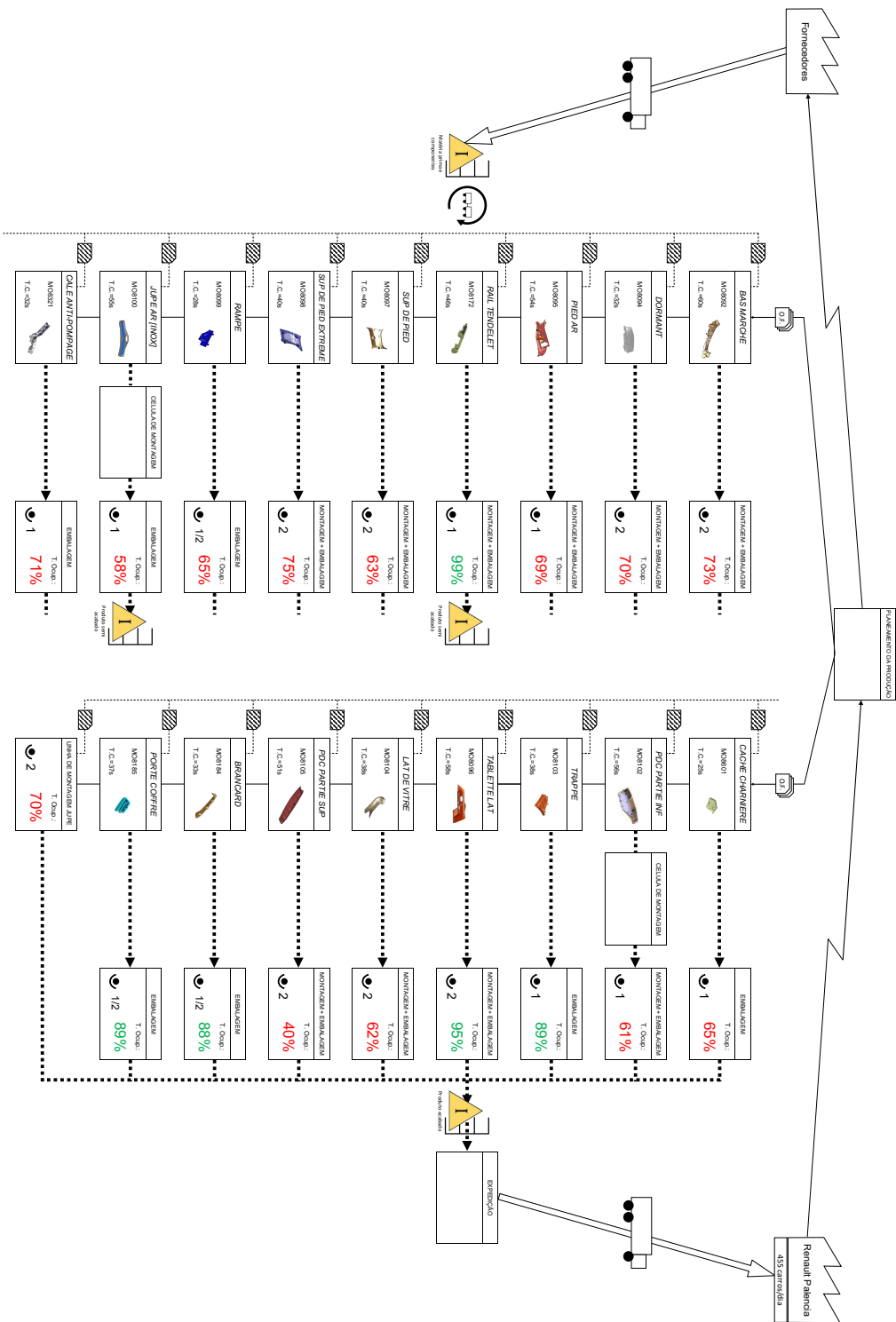





















Figura 5.10: VSM global do estado atual do projeto SP010/14.

Tabela 5.2: Análise da OEE do projeto SP010/14

Grupo Simoldes Plastic Division			Análise da OEE (Overall Equipment Effectiveness)										Projeto:		SP010/14		Início análise:		01/02/2017		30/04/2017			
Peça	Molde	n° cav. n° vers.	Posto	Tempo Produção [h]	Total Carros Produzidos	Total Peças Rejeitadas	Total Parâgens [h]	T.C. (teórico)	T.C. (real)	Peças Obj. /h	Peças Reais /h	Tempo Disponível	Tempo Funcionamento	Tempo Abertura	Carro:	Rend.	PPM's	Disp.	Perf.	Qual.	OEE			
	8092	2	EN600IV	79,80	4930	107	4	55	53,65	136	134	79,80	72,58	83,80		90%	10852	95,2%	91,0%	97,7%	85%			
		2																						
	8094	2	EN400X	47,96	5549	110	13	32	30,60	240	235	47,96	46,24	60,96		95%	9912	78,7%	96,4%	97,9%	74%			
		2																						
	8095	2	EN800V	74,29	4850	198	17	54	53,80	138	134	74,29	70,06	91,29		92%	20412	81,4%	94,3%	95,8%	73%			
		2																						
	8096	2	KM1000VI	88,54	5572	53	8	58	56,60	129	127	88,54	86,68	96,54		97%	4756	91,7%	97,9%	99,0%	89%			
		2																						
	8097	2	EN400XI	54,15	5023	41	1	40	38,64	189	186	54,15	53,02	55,15		98%	4081	98,2%	97,9%	99,1%	95%			
		2																						
	8098	2	EN400XI	53,21	4832	53	3	40	39,08	189	184	53,21	51,00	56,21		95%	5484	94,7%	95,9%	98,8%	90%			
		2																						
	8099	2	KM150XI	52,65	6416	18	19	28	27,37	277	263	52,65	46,34	71,65		88%	1403	73,5%	88,0%	99,7%	64%			
		2																						
	8100	2	KM1000VI	39,31	5266	21	12	55	52,86	136	136	39,31	38,76	51,31		98%	1994	76,6%	98,6%	99,2%	75%			
		2																						
	8100	1	Linha 17	69,86	4214	4	1	60	54,69	62	66	69,86	67,89	70,86		194%	475	98,6%	97,2%	99,9%	96%			
		1																						
	8102	1	KM1000VI	55,64	3655	27	4	56	54,23	67	66	55,64	54,83	54,41		98%	3694	93,3%	98,5%	99,2%	91%			
		1																						
	8103	4	EN300VII	32,07	6325	34	1	38	36,23	400	397	32,07	31,63	31,45		98%	2688	97,0%	98,6%	99,4%	95%			
		2																						
	8104	2	EN600IV	54,46	5273	40	3	38	35,36	200	204	54,46	52,73	52,31		96%	3793	94,8%	96,8%	99,2%	91%			
		2																						
	8105	2	EN400X	46,31	6798	56	4	51	47,17	147	153	46,31	46,26	45,87		99%	4119	92,0%	99,9%	99,1%	91%			
		1																						
	8172	2	EN300VII	62,26	4978	41	6	46	44,75	164	161	62,26	60,84	60,32		97%	4118	91,2%	97,7%	99,1%	88%			
		2																						
	8184	2	KM150XI	35,56	3927	10	3	33	31,98	232	225	35,56	33,82	33,72		95%	1273	92,2%	95,1%	99,7%	87%			
		2																						
	8185	2	KM150XI	29,23	5772	33	2	37	35,51	206	203	29,23	28,06	27,89		191%	2859	93,6%	96,0%	99,4%	89%			
		1																						
	8321	2	EN275X	48,14	5437	22	2	32	30,73	240	234	48,14	45,31	45,11		94%	2023	96,0%	94,1%	99,6%	90%			
		2																						
	8601	2	KM150III	49,23	7212	37	2	25	23,05	313	312	49,23	46,08	45,82		93%	2565	96,1%	93,6%	99,4%	89%			
		2																						
TOTAL													973	1078		932	921	106%	4806	91%	96%	99%	86%	

Capítulo 6

Ações de melhoria e resultados

6.1 O Evento *Kaizen*

A abertura dos trabalhos de melhoria deu-se com a formação de uma equipa multidisciplinar seleccionada pelo coordenador do evento. Esta foi constituída por membros dos departamentos de engenharia do processo, produção, qualidade e logística da empresa.

Uma vez definida a equipa, foi agendada uma reunião, o evento *kaizen* para familiarizar todos os envolvidos com o plano de melhoria do projeto KFB e metodologias a seguir. O principal objetivo deste plano, de acordo com o planeamento estratégico da direção da empresa destinava-se na melhoria da rentabilidade do projeto. Em concordância, foram definidos os seguintes pontos a cobrir no evento:

- Apresentação do mapeamento do projeto;
- Identificação de oportunidades de melhoria;
- Formação de um plano de ações.

O coordenador do evento principiou pela apresentação VSM global do projeto, já apresentado na Figura 5.8, partindo depois para uma análise detalhada de cada uma das peças com os VSMs ao nível do processo, Figura 5.9. Com base nos dados fornecidos pelo mapeamento da cadeia de valor e na interpretação dos mesmos na perspetiva dos elementos dos vários departamentos foram definidas ações de melhoria passíveis de serem implementadas no curto a médio prazo. Na Figura 6.1 está ilustrado o VSM global com as respetivas "explosões *kaizen*" que representam as diversas oportunidades de melhoria identificadas durante o evento. Mediante as oportunidades foram definidas e registadas ações para seguimento, Tabela 6.1, onde foram discriminadas: a área, ou molde, a necessitar de intervenção, o impacto que geraria tal intervenção, as ações corretivas e preventivas definidas e o responsável pela implementação das mesmas. Neste documento, acessível a toda a equipa, foram incluídos campos para as datas de implementação prevista e real com o *status* da mesma e observações.

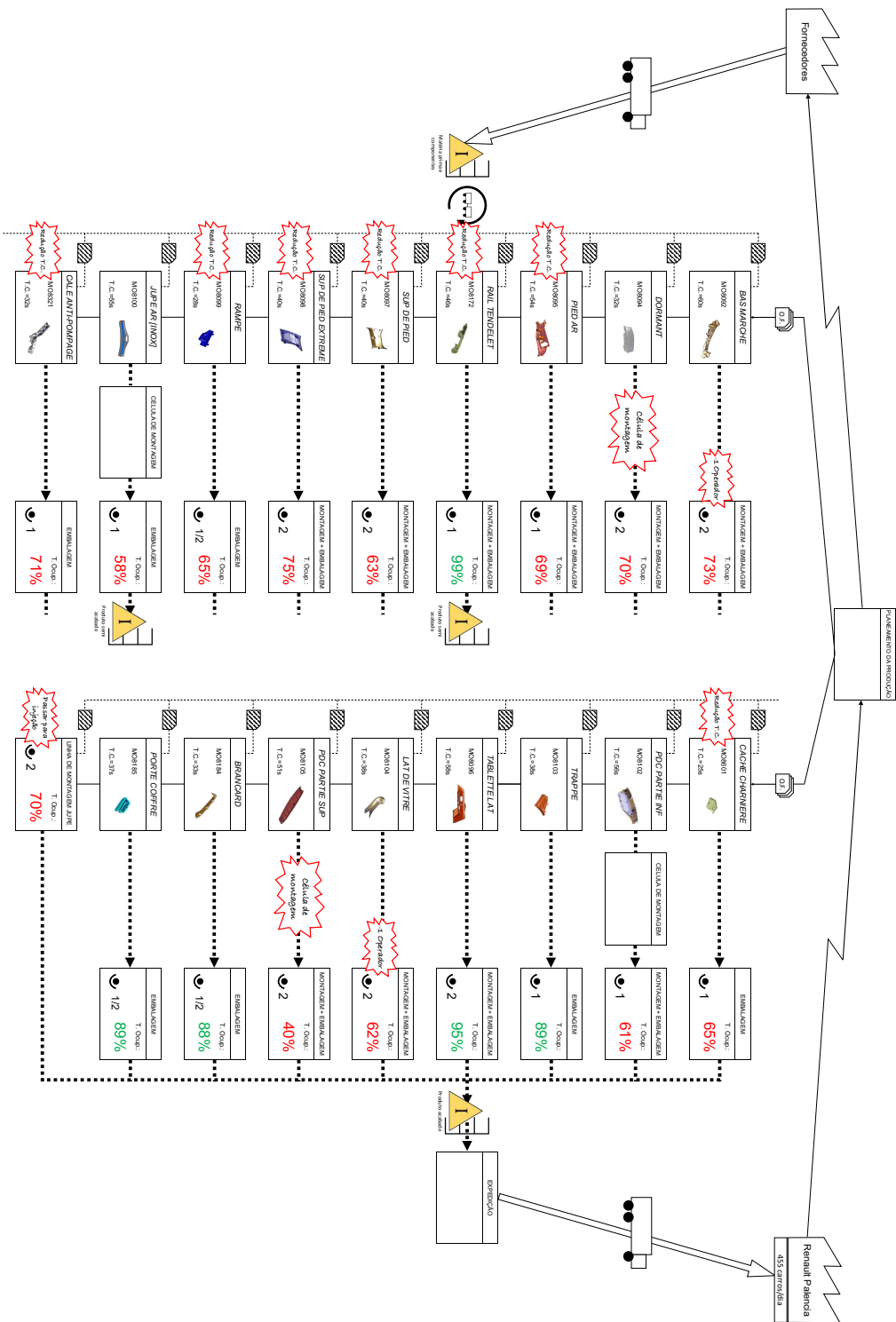




Figura 6.1: VSM global do estado atual com identificação de oportunidades de melhoria.

Tabela 6.1: Plano de ações de melhoria do evento *kaizen* projeto KFB SP010/14

<div><div>GRUPO Simoldes Plastic Division</div></div>		PLANO DE AÇÕES - KAIZEN PROJETO KFB SP010/14						Pág. 1/2	
Ámbito: Melhorar Rentabilidade do projeto SP010/14		Coordenador: Messias Gomes						Data Revisão: 15/05/2017	
		Data criação: 15/05/2017							
Nº	Área atuação	Impacto	Ações <i>(Definição de ações corretivas / preventivas)</i>	Resp. <i>(piloto)</i>	Data <i>(prevista)</i>	Data <i>(real)</i>	Status <i>(%)</i>	Observações <i>(transversalização)</i>	
1	MO8092 - Necessidade de rentabilização do processo	Tempo de ciclo injeção (55s) > Tempo Operacional (40s)	Redução de 1 operador no posto de trabalho.	RC	17/03/2017	17/03/2017 NOK	100%	Ganho de 1,15op. (11.016€/ano)	
			Alterar a Gama de Fabrico de acordo com ação acima.	DC	17/03/2017	[Cancelado]	100%		
2	MO8092 - Necessidade de redução de peças rejeitadas pelo molde.	PPMs elevados (8.925) - principais: Incompletos e Raiados.	Identificação de problemas de desmoldagem do molde.	RL	02/06/2017				
			Colocação de misturadora.	HP	19/05/2017	19/05/2017	100%		
3	MO8094 - Necessidade de otimização do processo.	Excesso de operadores no processo.	Implementação de célula de montagem.	HAP	21/04/2017	21/04/2017	100%	Ganho de 0,74op. (12.999€/ano)	
			Alterar a Gama de Fabrico de acordo com ação acima.	DC	21/05/2017	22/05/2017	100%		
4	MO8094 - Necessidade de rentabilização do processo.	Tempo de ciclo injeção (32s) > Tempo Operacional (21s)	Redução de tempo de ciclo injeção de 32 para 25s.	HP	02/06/2017			Ganho de 0,16op. (10.190€/ano)	
5	MO8095 - Necessidade de rentabilização do processo.	Tempo de ciclo injeção (54s) > Tempo Operacional (37s)	Redução de tempo de ciclo injeção de 54 para 50s.	HP	02/06/2017	08/06/2017	100%	Ganho de 0,1op. (9.061€/ano)	
6	MO8104 - Necessidade de rentabilização do processo.	Tempo de ciclo injeção (38s) > Tempo Operacional (22s)	Redução de 1 operador no posto de trabalho.	RC	17/03/2017	17/03/2017	100%	Ganho de 0,88op. (15.436€/ano)	
			Alterar a Gama de Fabrico de acordo com ação acima.	DC	17/03/2017	17/03/2017	100%		
7	MO8105 - Necessidade de otimização do processo.	Risco no corte do gito pelo operador.	Implementação de célula de montagem.	HAP	21/04/2017	21/04/2017	100%	Ganho de 1,02op. (17.873€/ano)	
8	MO8097 - Necessidade de rentabilização do processo.	Tempo de ciclo injeção (40s) > Tempo Operacional (25s)	Alterar a Gama de Fabrico de acordo com ação acima.	DC	21/05/2017	22/05/2017	100%	Ganho de 0,5op. (18.619€/ano)	
			Redução do tempo de ciclo de injeção de 40 para 30s.	HP	08/06/2017	09/06/2017	100%		
9	MO8098 - Necessidade de redução de peças rejeitadas.	PPMs elevados (5070) - principais: Manchas, Incompletos e Pintas.	Fazer afinação parâmetros de injeção.	HP	19/05/2017	23/05/2017	100%		
10	MO8098 - Necessidade de rentabilização do processo.	Tempo de ciclo injeção (40s) > Tempo Operacional (30s)	Redução do tempo de ciclo de injeção de 40 para 33s.	HP	08/06/2017			Ganho de 0,3op. (13.033€/ano)	

<div><div><div>GRUPO</div><div>Simoldes</div><div>Plastic Division</div></div></div>		PLANO DE AÇÕES - KAIZEN PROJETO KFB SP010/14						Pag. 2/2	
		Âmbito: Melhorar Rentabilidade do projeto SP010/14				Coordenador: Messias Gomes		Data Revisão: 15/05/2017	
		Equipa: AM+MC+CL+DC+DM+RL+AG+VP+HP+RC				Data criação: 15/05/2017			
Nº	Área atuação	Impacto	Ações (Definição de ações corretivas / preventivas)	Resp. (piloto)	Data (prevista)	Data (real)	Status (%)	Observações (transversalização)	
11	MO8099 - Necessidade de análise do processo produtivo.	Reclamações de referências trocadas; Tempo de ciclo injeção (30s) > Tempo Operacional (10s).	Nova recolha de tempos de operação e revisão de tarefas. Redução do tempo de ciclo de injeção de 30 para 25s.	RC	19/05/2017	19/05/2017	100%	Ganho de 0,3op. (13.033€/ano)	
12	MO8100 - Necessidade de otimização do processo.	Excesso de operadores no processo. Excesso de transporte de peças. Excesso de inventário de peças.	Passagem de montagem de componentes para a injeção.	MG	19/05/2017			Ganho de 1,62op. (32.648€/ano) + Ganho área	
13	MO8100 - Necessidade de otimização do processo.	Operador dispende muito tempo a retirar Cache Gache do invólucro.	Pedir o envio de peças ao fornecedor sem invólucro e realizar teste de qualidade.	MG	19/05/2017				
14	MO8100 - Necessidade de otimização do processo.	Uso inadequado da célula de montagem pelos operadores.	Melhoria da fiabilização da célula na deteção de componentes.	MG	09/06/2017				
15	MO8321 - Necessidade de rentabilização do processo.	Tempo de ciclo injeção (32s) > Tempo Operacional (23s)	Redução do tempo de ciclo de injeção de 32 para 25s.	HP	15/06/2017			Ganho de 0,16op. (8.742€/ano)	
16	MO8601 - Necessidade de rentabilização do processo.	Tempo de ciclo injeção (25s) > Tempo Operacional (16s)	Nova recolha de tempos de operação e revisão de tarefas.	RC	19/05/2017	19/05/2017	100%	Ganho de 0,07op. (2.406€/ano)	
			Alterar a Gama de Fabrico de acordo com ação acima.	DC	03/06/2017	09/06/2017	100%		
			Redução do tempo de ciclo de injeção de 25 para 22s.	HP	15/06/2017	08/06/2017	100%		
17	MO8102 - Necessidade de melhoria da cadeia logística	Poucas peças por embalagem.	Desenvolvimento de estrutura para empilhar embalagens.	MG	30/06/2017				
18	MO8104 - Necessidade de rentabilização do processo.	Tempo de ciclo injeção (38s) > Tempo Operacional (34s)	Redução do tempo de ciclo de injeção de 38 para 35s.	HP	23/06/2017	13/06/2017	100%	Ganho de 0,07op. (5.456€/ano)	
19	MO8172 - Necessidade de otimização do processo.	Dificuldade na montagem dos clips nas peças.	Correção do molde na zona de montagem dos clips para redução do tempo de ciclo.	RL	23/06/2017				
20	MO8105 - Necessidade de rentabilização do processo.	Tempo de ciclo injeção (44s) > Tempo Operacional (23s)	Redução do tempo de ciclo de injeção de 44 para 30s.	HP	23/06/2017			Ganho de 0,3op. (20.380€/ano)	
21	MO8185 - Necessidade de definição da gama de embalagem.	Padronização de tarefas entre operadores.	Atualização da Gama de Fabrico para incluir modo de embalar as peças.	DC	03/06/2017				

(Continuação Tabela 6.1)

6.2 Ações de melhoria

As próximas secções serão dedicadas à análise individual do estado atual do processo produtivo de cada uma das peças, os planos definidos para cada um destes e, no caso de terem sido realizados durante o período de estágio, os resultados da sua implementação.

O processo produtivo de cada peça será analisado no mesmo contexto do evento *kaizen*. Isto é, com recurso aos VSMS ao nível do processo e com as apreciações recolhidas pelos elementos envolvidos. As oportunidades de melhoria serão igualmente realçadas na forma de "explosões *kaizen*".

Nos mapas ao nível do processo incluíram-se dados do processo e molde de injeção (posto, identificação do molde, cavidades, versões, tempo de ciclo da ordem de produção e real) e métricas *lean* (Ocupação diária, OMM e Necessidade MODs). Os PPMs e OEE da cada molde, apresentados na Tabela 5.2 foram também incluídos nas atividades correspondentes à injeção.

Para as atividades de montagem e embalagem realizadas por operadores foram indicadas as mesmas métricas, o número de operadores com respetiva taxa de ocupação mais baixa e ainda as tarefas com respetivos tempos resultantes dos estudos de amostragem. Os tempos operacionais foram ainda classificados e agregados conforme a adição ou não de valor ao produto. Para ser possível uma análise ao nível logístico do processo é indicado o consumo de embalagens pelo *milk-run* interno.

Na parte inferior, a linha de tempo indica o *lead time* total e o tempo de valor acrescentado do processo. Visto que, esta análise se foca principalmente no processo realizado no posto de trabalho, o tempo de inventário da matéria-prima original e componentes, assim como o tempo de armazém do produto acabado e expedição para o cliente não foram calculados, é considerado que estes valem " $x + y$ " dias.

6.2.1 Bas Marche

Da análise do processo da peça *Bas Marche*, molde 8092 (ver Tabela A.1) destaque-se o tempo de operação reduzido relativamente ao do ciclo de injeção como ilustrado no VSM da Figura 6.3. O operador coloca os clips de plástico em sítios definidos do periférico de verificação que depois fixa estes à peça por acionamento de cilindros pneumáticos.

O abastecimento do periférico com clips, uma tarefa simples, ocupa apenas 11 segundos por peça. Considerando os tempos de análise da qualidade e embalagem da peça, o operador dispõe ainda de 15 segundos por ciclo sem qualquer ocupação.

Mais do que a taxa de ocupação, a simplicidade da montagem ditou a decisão de redução para apenas um operador neste posto de trabalho. Durante o estudo das tarefas do operador verificou-se que a montagem dos clips de plástico na peça poderia ser feita manualmente pelo operador em vez de abastecer o periférico.

Da visão geral do projeto foi ainda realçado o número elevado de PPMs do molde e definidas ações para a diminuição dos mesmos.

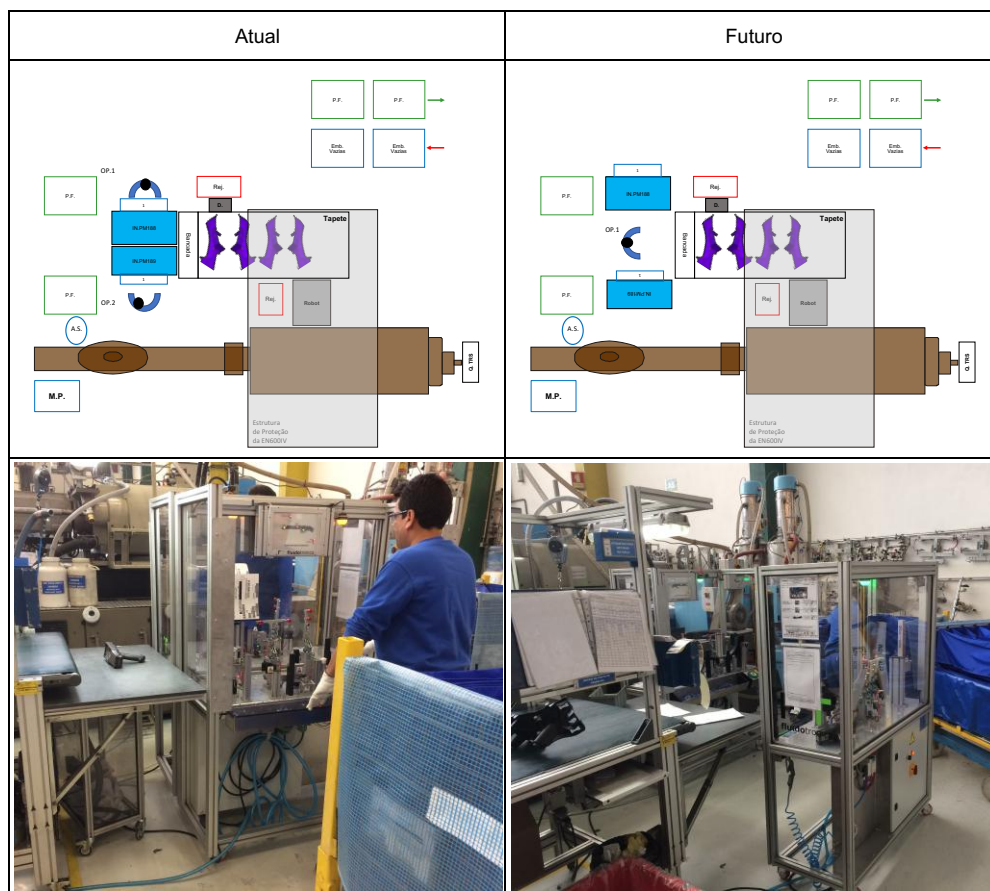


Figura 6.2: Layout do posto de trabalho da peça *Bas Marche* antes e depois da redução de um operador.

A transformação do posto de trabalho de acordo com a ação proposta seria relativamente simples, com um novo posicionamento dos periféricos de verificação de componentes conforme indicado na Figura 6.2.

Para combater o acréscimo de tarefas desta nova configuração o tempo de ciclo de injeção foi aumentado para 60 segundos. Apesar do acréscimo na ocupação mensal da máquina, quando combinada com a redução de um operador, a medida representaria ganhos significativos para a empresa.

Mesmo com o incremento no tempo disponível, durante os ensaios desta nova configuração no posto de trabalho, verificou-se que o operador não era capaz de dar vazão às peças injetadas.

No período em que a peça produziu apenas com um operador foram raros os turnos em que a máquina não parou. As constantes paragens não programadas e as reclamações do cliente por troca de referências (peças esquerdas nas embalagens de peças direitas e vice-versa) acabariam por ditar o insucesso desta ação. Mesmo que o fracasso desta experiência pudesse ser justificado pela presença de um operador inexperiente no posto de trabalho, a direção decidiu recuar nas alterações e voltar a atuar com dois operadores num tempo de ciclo menor, focando-se na correção dos problemas do molde de injeção.

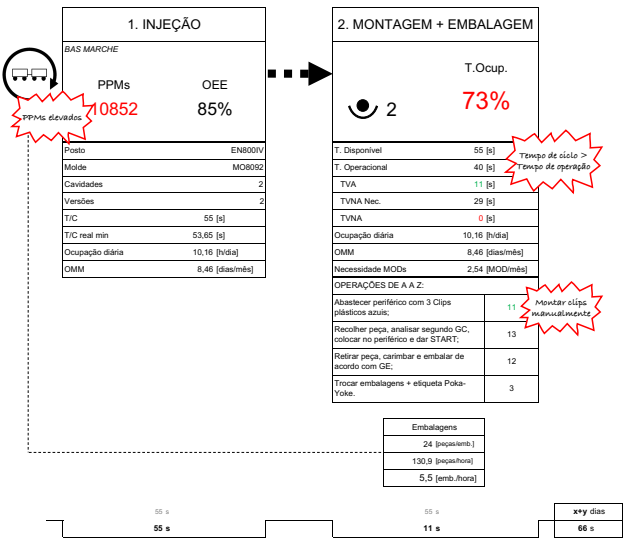


Figura 6.3: VSM do estado atual (*Bas Marche*)

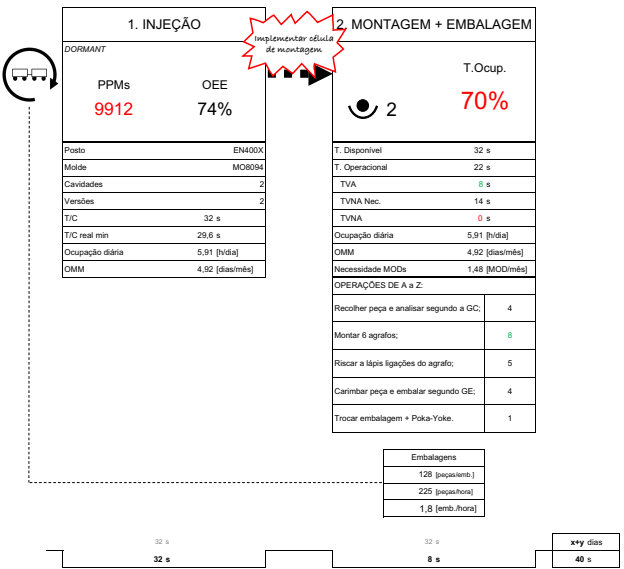


Figura 6.4: VSM ao nível do processo do estado atual (*Dormant*).

6.2.2 *Dormant*

No momento de chegada do aluno à empresa já decorria o plano para instalar uma célula de montagem na periferia da máquina EN400X (ver Figura 6.5). Esta célula serviria para a montagem dos agramos metálicos das peças *Dormant* e *Pdc Partie Inf* (moldes 8094 e 8105). Apesar da ação já estar definida e a célula construída, fez parte do plano de melhoria desta dissertação de forma a avaliar o impacto da mesma.



Figura 6.5: Célula de montagem para os moldes 8094 e 8105.

As tarefas dos operadores de montar os agramos e garantir a presença dos mesmos marcando a peça são agora realizadas pela célula de montagem. Neste sentido, associada à implementação da célula está a redução lógica de um operador no posto de trabalho e alteração do *layout* do mesmo.

A célula de montagem, Figura 6.5, veio preencher duas necessidades: a otimização do processo de montagem simples que necessitava de dois operadores e o corte do gito feito manualmente na peça *Pdc Partie Sup* que representava um perigo para o operador.

Com a célula de montagem em produção foi possível fazer um novo estudo dos tempos operacionais cujos resultados são apresentados no VSM do estado futuro da Figura 6.6. O tempo de ciclo de injeção não sofreu alterações.

Verificou-se que, dada a simplicidade das tarefas do operador, o tempo de ciclo de injeção era bastante superior ao de ocupação. Assim, foi definida uma nova ação de melhoria para reduzir o tempo de ciclo de injeção de 32 para 25 segundos.

A redução do tempo de ciclo, segundo o estudo de amostragem, não põe em risco a realização das tarefas do operador, no entanto, a ação pode ficar restringida pela velocidade do robot na montagem de componentes na nova célula.

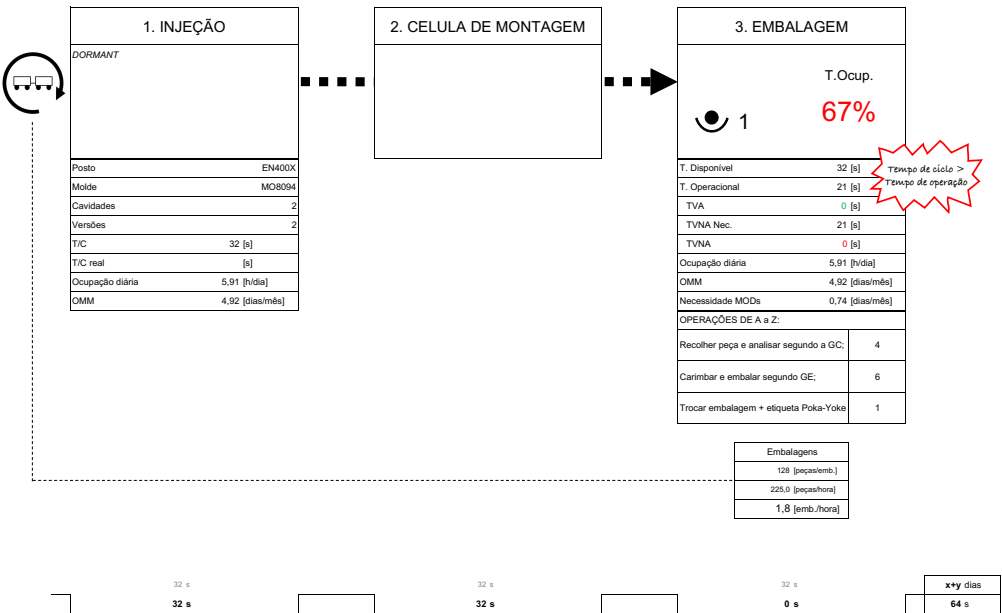


Figura 6.6: VSM ao nível do processo do estado futuro (*Dormant*).

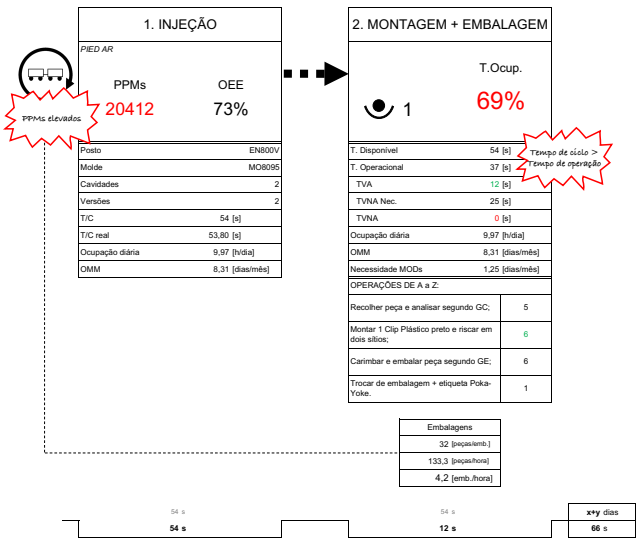


Figura 6.7: VSM ao nível do processo do estado atual (*Pied Ar*).

6.2.3 *Pied Ar*

O processo de montagem realizado pelo operador na peça *Pied Ar* consiste apenas na colocação de um clip de plástico preto em cada peça à saída da injeção.

Do respetivo VSM, Figura 6.7, verifica-se que o tempo operacional é bastante inferior ao tempo de ciclo de injeção, 37 e 54 segundos respetivamente. Foi definida a ação de redução do tempo de injeção da peça. Dada a dimensão da peça, que exige um maior tempo de injeção e arrefecimento, o tempo de ciclo objetivo foi definido nos 50 segundos de forma a reduzir a probabilidade de comprometer a qualidade das peças.

Os PPMs elevados resultantes da análise do estado atual foram imediatamente justificados no evento *kaizen* por uma produção anormal realizada numa máquina de injeção diferente da que está normalmente associada a este molde.

6.2.4 *Tablette Lat e Rail Tendelet*

A peça *Tablette* difere das outras no sentido que leva como componente uma outra peça com o seu próprio processo de injeção realizado na empresa, *Rail Tendelet*. Os processos produtivos de ambas são apresentados no VSM da Figura 6.8.

Considerando o processo como um único, o maior desperdício está situado na deslocação da peça *Rail Tendelet* após produção para o armazém, onde permanece até à próxima produção da peça *Tablette*. Os 1,92 dias que a peça *Rail Tendelet* passa no armazém é o stock em armazém do estado atual expresso em dias e foram calculados da seguinte forma:

$$\text{Tempo de inventário} = \frac{\text{Stock de peças em armazém}}{\text{Necessidade de carros/dia}} = \frac{1084}{565} \approx 1,92 \text{ dias} \quad (6.1)$$

O stock de peças, corresponde à média das quantidades que deram entrada em armazém no final de cada dia em que a peça foi produzida nos 3 meses de análise do estado atual.

Idealmente, após a produção da peça *Rail Tendelet* esta seguiria imediatamente para o posto de montagem de componentes da *Tablette*. Neste contexto a produção do *Rail Tendelet* seria motivada, ou "puxada", pela necessidade do posto de trabalho seguinte. No entanto, a discrepância dos dois tempos de ciclo, 46 e 58 segundos, torna a conciliação das duas produções uma tarefa de difícil implementação para a empresa.

Antes da chegada do aluno, os processos em análise já tinham sido sujeitos a ações de melhoria estando os tempos de ocupação praticamente preenchidos em ambos os casos com taxas de ocupação de 99 e 95%. Não obstante, no evento *kaizen* foi realçada a dificuldade do operador em montar os clips na peça *Rail Tendelet*. A dificuldade da tarefa, bastante exigente para as articulações dos dedos do operador, pode ter origem num defeito do molde que causa rebarbas na zona de fixação de um dos clips. Assim, foi planeada a resolução deste problema para posterior tentativa de redução do tempo de ciclo.

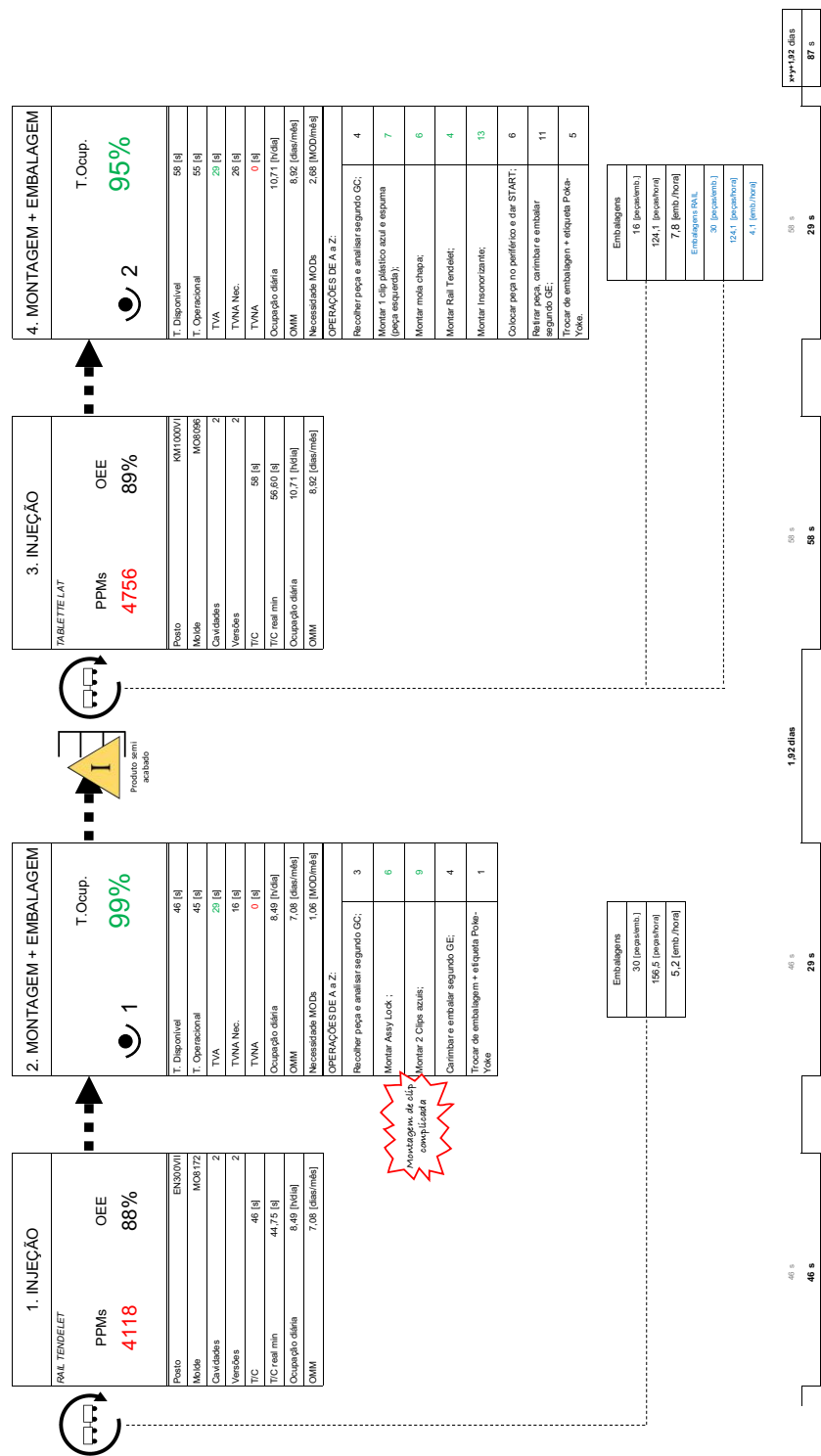


Figura 6.8: VSM ao nível do processo do estado atual (Tablette Lat).

6.2.5 *Sup de Pied e Sup de Pied Extreme*

As peças *Sup de Pied* e *Sup de Pied Extreme*, cujos VSMs do estado atual são representados nas Figuras 6.10 e 6.11 respectivamente, são duas peças muito semelhantes, produzidas ambas na máquina EN400XI e com dois operadores no posto de trabalho. Ambas as peças exigem a sua passagem por um periférico de verificação que deteta a presença de dois clips de plástico e insonorizantes. O baixo tempo de operação, em ambos os casos, justificava a tentativa de redução para um operador no posto de trabalho. No entanto, esta opção foi descartada por duas razões. A primeira diz respeito à sobrecarga da máquina EN400XI visto que esta tem ocupação mensal elevada. Foi dada prioridade à redução do tempo de ciclo de injeção e, consequentemente, da sua ocupação. A segunda razão está relacionada com a configuração do periférico de verificação da peça *Sup de Pied Extreme* que, ao contrário dos restantes, tem os dois lados (esquerdo e direito) unidos "costas com costas". A diferença entre os dois periféricos é visível na Figura 6.9. No caso de estar presente apenas um operário no posto de trabalho este teria de contornar o periférico, pelo menos, uma vez por ciclo.

Assim, foram definidas ações para redução dos tempos de ciclo para 30 e 33 segundos nos moldes 8097 e 8098, respetivamente.

Caso a carga atribuída à máquina diminua por término ou transferência de algum dos projetos na INPLAS, a divisão do periférico da peça *Sup de Pied Extreme* poderá ser considerada para redução de um operador em ambos os postos.

A peça *Sup de Pied Extreme* foi identificada também como uma das peças com maior número de PPMs. Os principais defeitos foram corrigidos com afinação dos parâmetros de injeção da máquina.

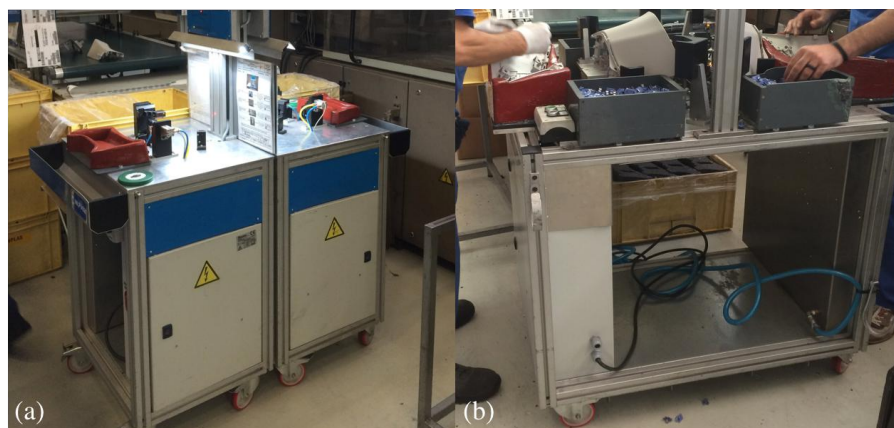


Figura 6.9: Periféricos de verificação: (a) *Sup de Pied*; (b) *Sup de Pied Extreme*

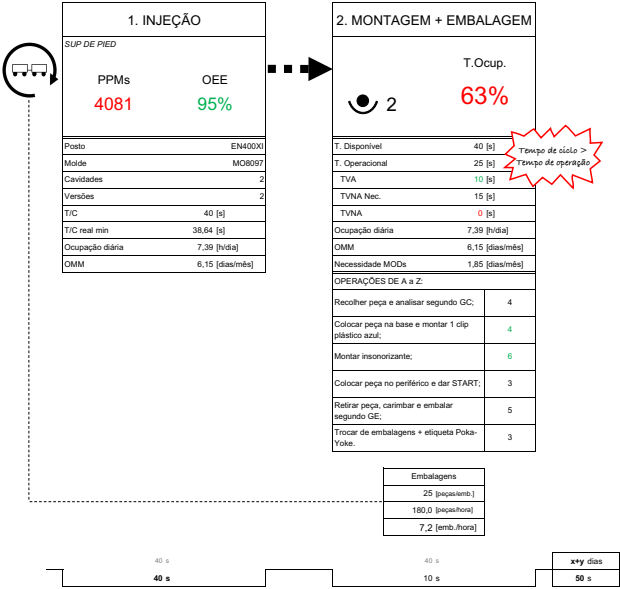


Figura 6.10: VSM ao nível do processo do estado atual (*Sup de Pied*).

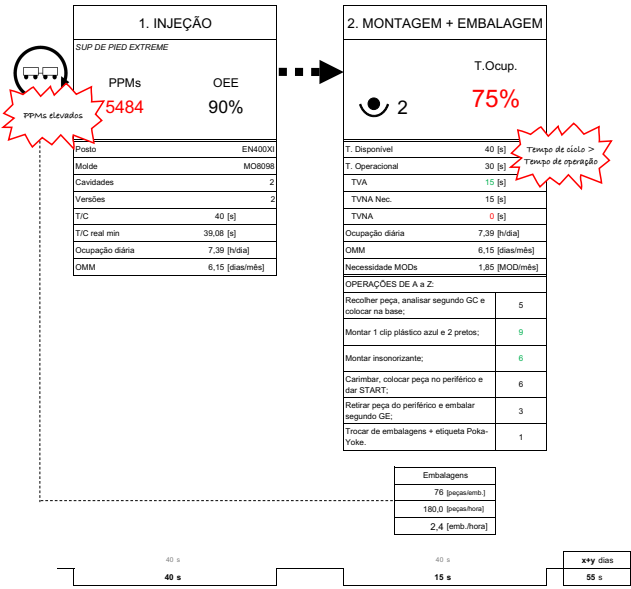


Figura 6.11: VSM ao nível do processo do estado atual (*Sup de Pied Extreme*).

6.2.6 *Rampe e Porte Coffre*

Os dois processos ilustrados na Figura 6.12 e Figura 6.13, relativos à produção das peças *Rampe* e *Porte Coffre* têm a particularidade de funcionarem com meio operador. Isto é, nos casos em que as peças são de pequena dimensão e a sua montagem, verificação e embalagem são simples, os operadores associados à função alternam entre duas máquinas com processos de meio operador.

A peça *Rampe* tem apenas funcionalidade técnica, como tal o seu aspeto superficial não é crítico e a inspeção visual não é tão prolongada como as restantes peças do projeto. Consequentemente, as tarefas de embalagem ocupam 9 segundos que, sendo meio operador, dos 15 segundos disponíveis resulta apenas 61% de taxa de ocupação. Nesta peça foi planeada a redução do tempo de ciclo de injeção para 25 segundos. Esta redução de apenas 5 segundos é justificada pela elevada espessura das paredes da peça.

Enquanto que no primeiro caso as peças podem ser embaladas umas em contacto com as outras, na peça *Porte Coffre* são colocadas espumas entre as peças para que a superfície não fique danificada durante o transporte.

Por outro lado, a peça *Porte Coffre* tem uma embalagem mais complexa que preenche o tempo disponível do operador.

Durante o estudo de amostragem, verificou-se que a forma de como eram colocadas as três espumas em cada nível de 14 peças era diferente conforme o operário presente no posto de trabalho. Consequentemente foi definida a ação para pormenorizar as operações de embalagem na Gama de Fabrico da maneira mais eficiente.

6.2.7 *Lat de Vitre*

À semelhança do que aconteceu no processo da peça *Bas Marche*, Secção 6.2.1, o VSM da peça *Lat de Vitre*, Figura 6.14, também revela uma taxa de ocupação baixa e tarefas de montagem relativamente simples. Naturalmente, a redução de um operador foi também testada neste processo.

Para facilitar a adaptação do operador, que terá de fazer o dobro das tarefas, programou-se a subida do tempo de ciclo de 35 para 38 segundos. A redução de um operador, ao contrário do verificado na peça *Bas Marche*, foi bem sucedida e o estado futuro da Figura 6.15 alcançado. A melhor adaptação do operador a esta nova configuração pode ser justificada pela menor dimensão da peça e da montagem mais simples dos agrafos metálicos.

Da análise do estado futuro foi ainda definida uma nova ação para tentativa de redução do tempo de ciclo para o mesmo da configuração anterior, 35 segundos.

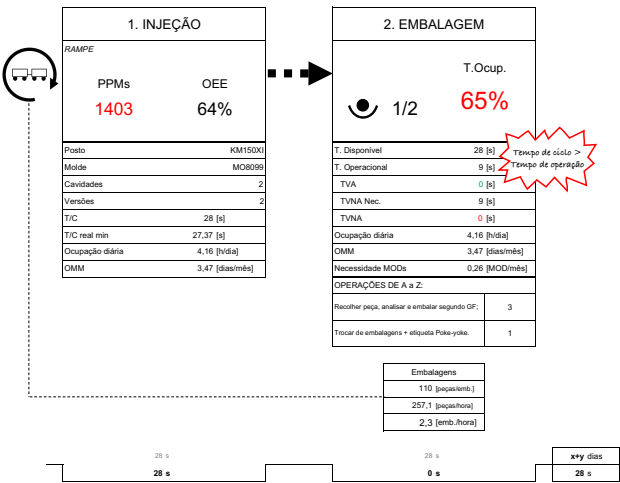


Figura 6.12: VSM ao nível do processo do estado atual (*Rampe*).

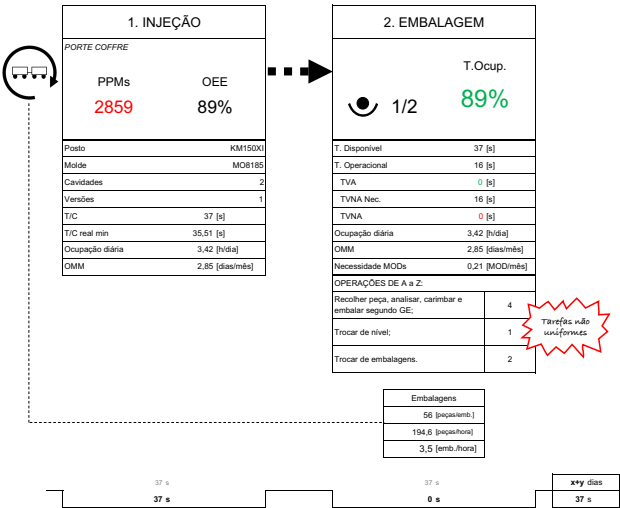
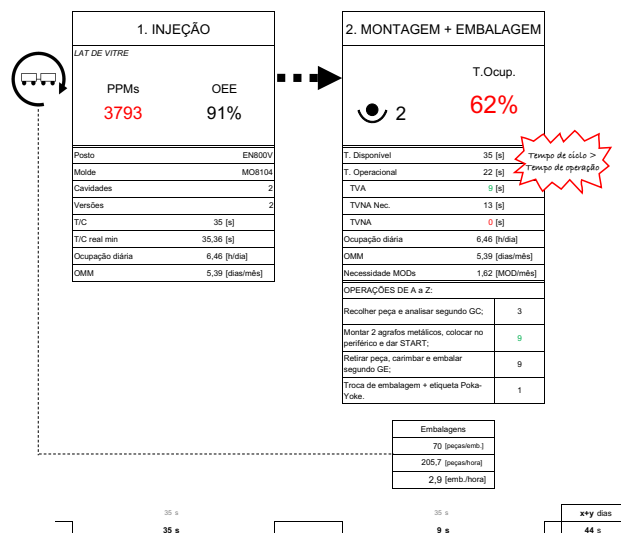
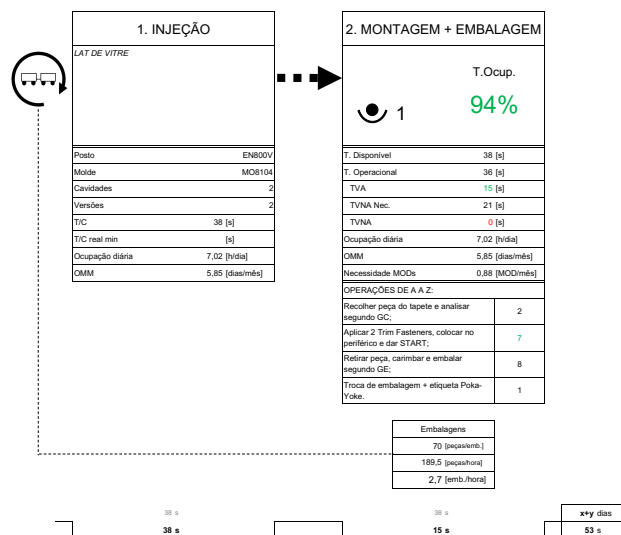


Figura 6.13: VSM ao nível do processo do estado atual (*Porte Coffre*).

Figura 6.14: VSM ao nível do processo do estado atual (*Lat de Vitre*).Figura 6.15: VSM ao nível do processo do estado futuro (*Lat de Vitre*).

6.2.8 Jupe

O processo produtivo da peça *Jupe* é o mais complexo e o que mais recursos gasta à empresa no âmbito do projeto SP010/14. Este está dividido em duas etapas, a primeira na linha de injeção e a segunda na zona de montagem da empresa. Ao contrário dos restantes processos do projeto, a montagem é feita, parcialmente, logo após a injeção numa célula de montagem, Figura 5.3, e a restante num posto de montagem por dois operadores. O operador da etapa da primeira etapa apenas faz a verificação e embalagem da peça. O molde 8100 tem 2 cavidades: uma para a versão "Normal" e a outra para a versão "Inox" que alimenta o modelo desportivo da carrinha KFB. As duas versões são ilustradas na Figura 6.16 (a) e (b) onde é visível o componente metálico e aço inoxidável instalado na versão "Inox". Para fixação deste componente é utilizado um periférico de montagem que faz a dobragem de patilhas.



Figura 6.16: Fotografia das duas versões da peça *Jupe*: (a) versão "Normal"; (b) versão "Inox".

No VSM da Figura 6.17 são descritas as atividades com as tarefas e tempos operacionais correspondentes à versão "inox" da peça pois complementa as atividades da versão "normal" com a montagem dos componentes metálicos. Entre as duas etapas, as peças são transportadas e mantidas no armazém de produtos semi-acabados e componentes. O tempo que as peças ocupam esse espaço de armazém não acrescenta nenhum valor à peça e foi calculado a partir do stock de peças semi-acabadas *Jupe* (versão "Normal" e versão "Inox"):

$$\text{Tempo de inventário} = \frac{\text{Stock de peças em armazém}}{\text{Necessidade de carros/dia}} = \frac{696 + 580}{565} \approx 2,26 \text{ dias} \quad (6.2)$$

Este tempo de inventário, juntamente com a gestão logística das embalagens de semi-acabados são as principais fontes de desperdício do processo produtivo. Neste seguimento, foram definidas ações para a transferência da segunda etapa de montagem para o módulo de injeção.

Para que a transferência fosse feita com sucesso foi necessária a tomada de várias medidas de encontro à otimização e redução do tempo operacional de 60 segundos das tarefas realizadas pelos operadores no módulo de montagem com aproximação dos 55 segundos definidos na injeção.

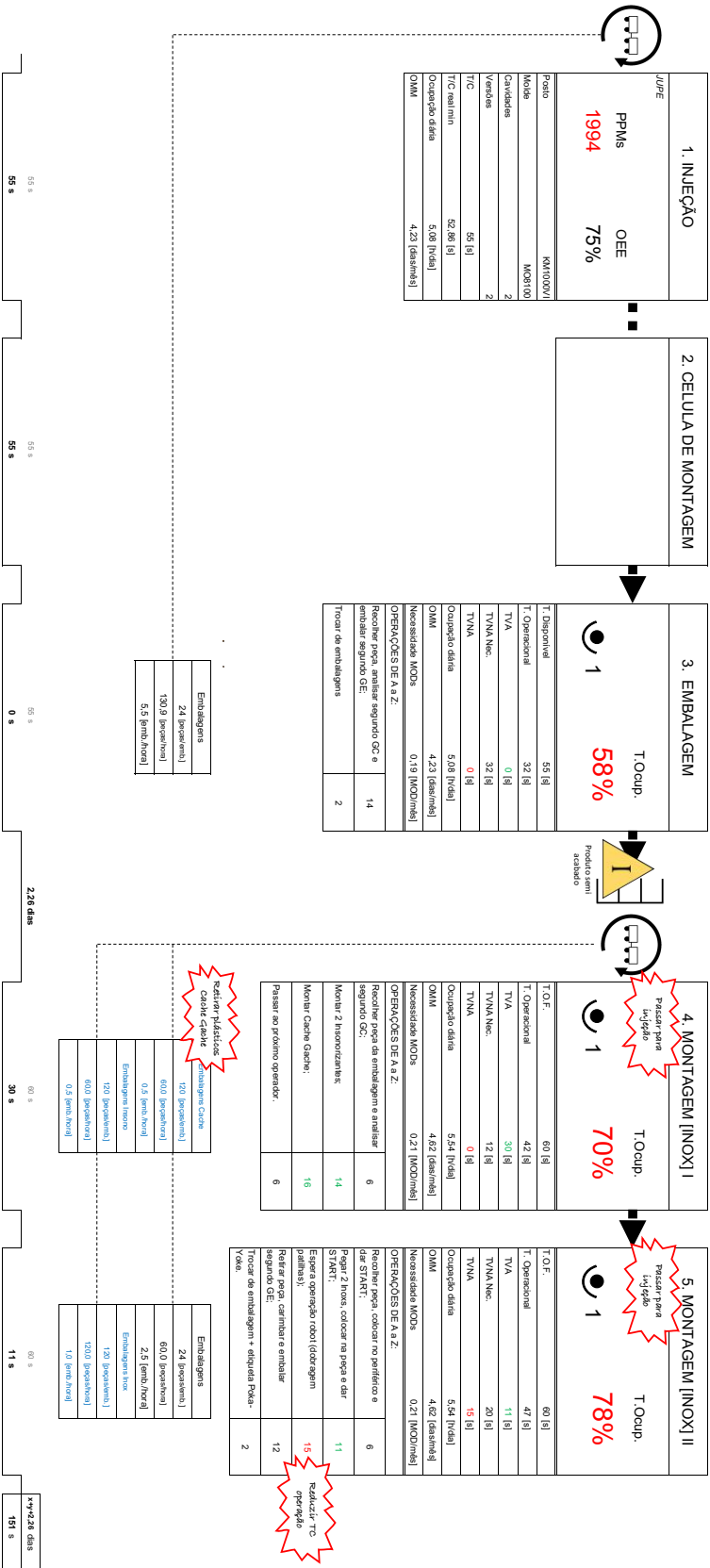


Figura 6.17: VSM ao nível do processo do estado atual (Jupe).

As ações de melhoria específicas estão realçadas em "explosões *kaizen*" no VSM da Figura 6.17 e estas foram:

1. Alteração do periférico de montagem

Enquanto que, no posto de injeção, as duas versões da peça são injetadas em simultâneo e embaladas alternadamente, no posto de montagem cada ordem de fabrico corresponde a uma das versões e o periférico de montagem é programado para a versão a ser fabricada. Como tal, ao passar o periférico para injeção é necessário que este detete automaticamente a versão que está a fabricar. Ultrapassada esta dificuldade e possível a produção em simultâneo das duas versões; foi necessário reduzir o tempo de ciclo da peça que passa no periférico. A operação de dobragem das patilhas, apesar de acrescentar valor à peça, pode ser também vista como desperdício em termos de ocupação para o operador. Assim, o periférico foi alterado para poder elevar a peça após a operação de dobragem de patilhas. Esta nova configuração possibilitava ao operador utilizar o tempo de dobragem das patilhas pelo robot para na próxima peça, verificar em termos de qualidade e colocá-la de imediato no periférico. A peça do ciclo anterior, agora elevada por ventosas, podia ser retirada acionando um sensor com a mão e embalada, enquanto o robot iniciava o próximo ciclo. Na Figura 6.18 são indicadas as alterações no modo operatório do periférico do módulo de montagem.



Atual	Futuro
	
<p>Modo operatório:</p> <ul style="list-style-type: none"> → 1 - Colocar a peça. → 2 - Acionar "START". → 3 - Colocar Inox esquerdo e direito. → 4 - Acionar "START". → 5 - Detecção de componentes. → 6 - Dobragem de patilhas. → 7 - Retirar peça. 	<p>Modo operatório:</p> <ul style="list-style-type: none"> → 1 - Colocar a peça. → 2 - Retirar peça do ciclo anterior e soltar barreiras. → 3 - Colocar Inox esquerdo e direito. → 4 - Robot deteta inox. → 5 - Detecção de componentes. → 6 - Dobragem de patilhas. → 7 - Robot eleva peça.

Figura 6.18: Ações de melhoria no periférico de montagem da peça *Jupe*.

2. Alteração da embalagem do *Cache Gache*

O *Cache Gache* é a peça deste projeto com produção subcontratada e um dos componentes a montar em ambas as versões da peça *Jupe*. Durante a recolha de tempos para os estudos de amostragem do operador que faz a montagem deste componente verificou-se que, apesar de não influenciar o seu tempo de ciclo, este despendia muito tempo para retirar o saco de plástico em que cada componente vinha embrulhado. O saco de plástico não acrescenta valor ao produto final na ótica do cliente e a remoção deste em cada peça é uma função frustrante e desnecessária para o operador.

Foi elaborada uma proposta para a alteração da embalagem deste componente e verificado que a superfície da peça não corre o risco de ficar danificada.



Figura 6.19: Ações de melhoria na embalagem do componente *Cache Gache*.

3. Alteração do *layout*

Para finalizar, o *layout* da linha de injeção teria que ser alterado de forma a trabalhar com 2 operadores como aconteceria no posto de montagem. Um operador para montar o *Cache Gache* e os insonorizantes e outro para operar o periférico de montagem e verificação de todos os componentes.

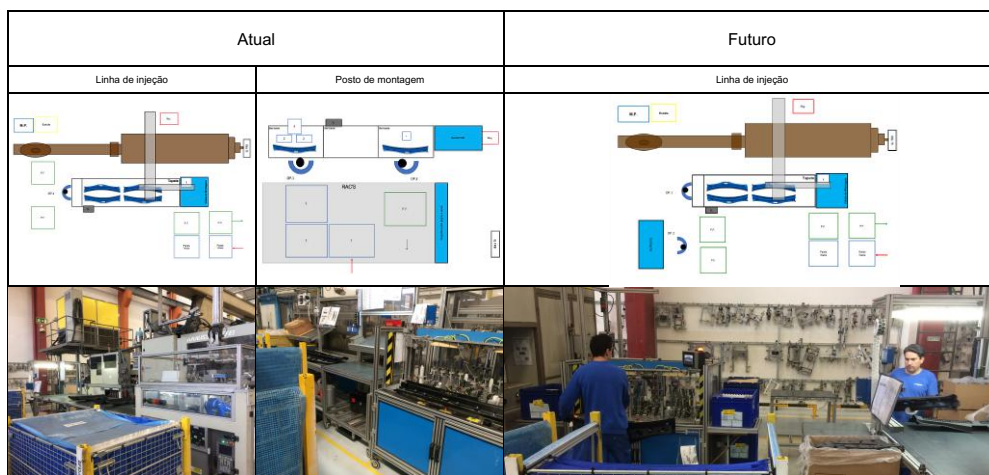


Figura 6.20: *Layout's* atual e futuro do processo produtivo da peça *Jupe*.

6.2.9 *Trappe* e *Brancard*

Os processos das peças *Trappe* e *Brancard*, Figura 6.21 e Figura 6.22 respetivamente, já se encontram bastante otimizados e foi decidido não tomar qualquer ação neste plano de melhoria do projeto.

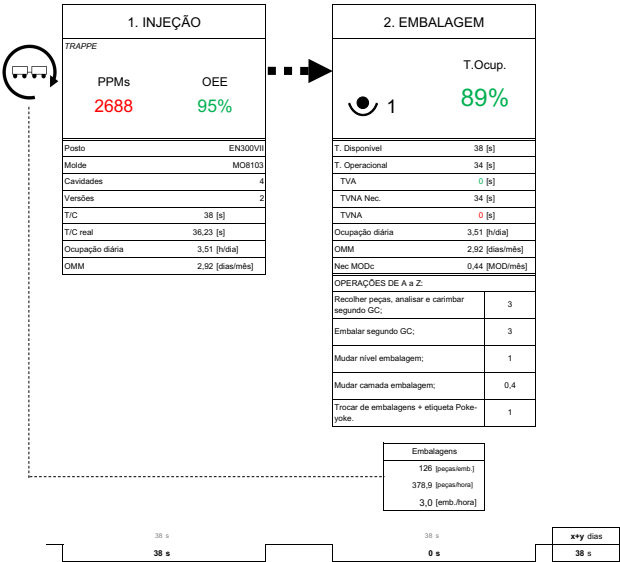


Figura 6.21: VSM ao nível do processo do estado atual (*Trappe*)

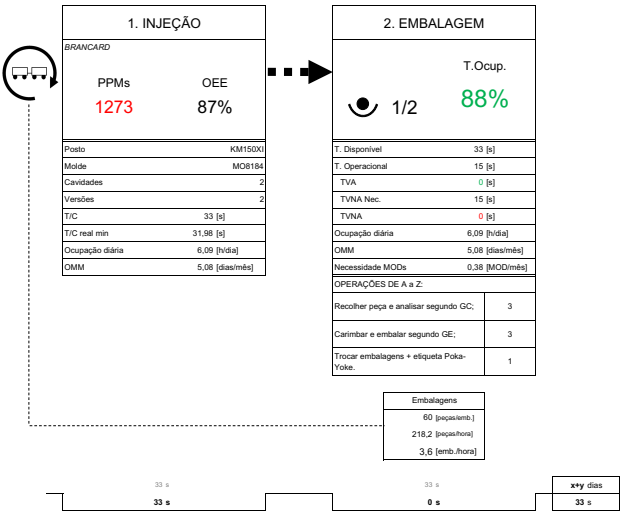


Figura 6.22: VSM ao nível do processo do estado atual (*Brancard*).

6.2.10 *Pdc Partie Sup*

A peça *Pdc Partie Sup* foi uma das duas peças cujo processo já tinha sido decidido atualizar para montagem automática antes da chegada do aluno. Os agramos metálicos seriam montados pela nova célula de montagem já apresentada na Secção 6.2.2. O estado atual da Figura 6.24 representa a configuração antes da instalação da célula e evidencia diversos problemas no processo.

As duas peças quando são extraídas do processo de injeção e pousadas no tapete ainda com têm o gito a uni-las. O primeiro operador deve fazer o corte do gito com um alicate. Esta tarefa de utilização manual de uma ferramenta de corte, para além de poder representar algum perigo para o operador, não consegue garantir que o corte é realizado exatamente na mesma posição em todas as peças. O segundo operador recebe o par de peças do primeiro e monta 5 agramos metálicos em cada uma, tarefas que ocupam 94 % do tempo do operador em cada ciclo. As duas taxas de ocupação, 40 e 94% evidenciam a discrepância entre os dois operadores e a necessidade de otimização do processo.

A célula referida na Secção 6.2.2, que também seria utilizada para a montagem dos agramos metálicos da peça *Pdc Partie Sup*, foi instalada com sucesso e o *layout* alterado conforme a Figura 6.23. Na nova configuração foi feito um novo estudo da amostragem às tarefas do operador que realiza apenas a embalagem das peças. A Figura 6.25 evidencia que o operador apenas utiliza 23 dos 44 segundos disponíveis do ciclo de injeção. Neste seguimento foi definida a ação para a redução do tempo de ciclo de injeção para 30 segundos. Tal ação está fortemente restringida pelo tempo de montagem dos agramos metálicos pelo robot da célula de montagem.

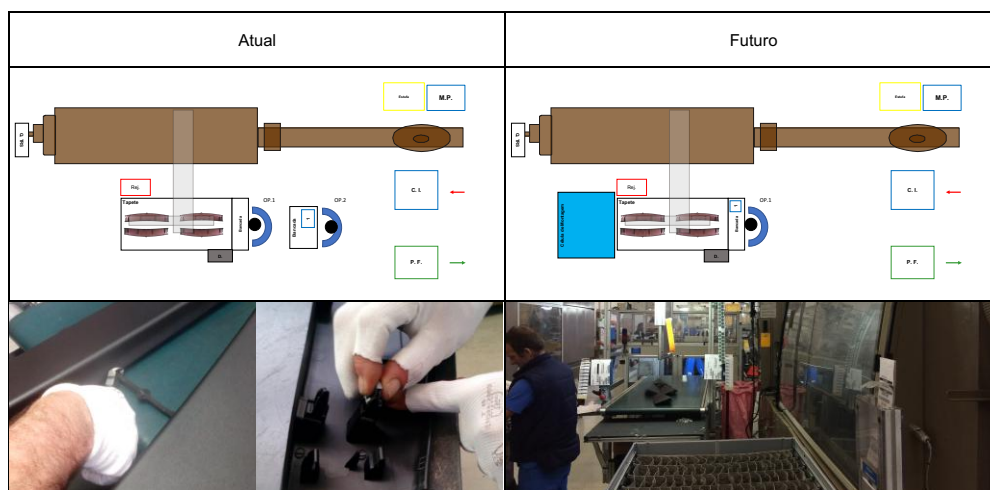


Figura 6.23: *Layouts* atual e futuro do processo produtivo da peça(*Pdc Partie Sup*) com detalhe das tarefas dos operários.

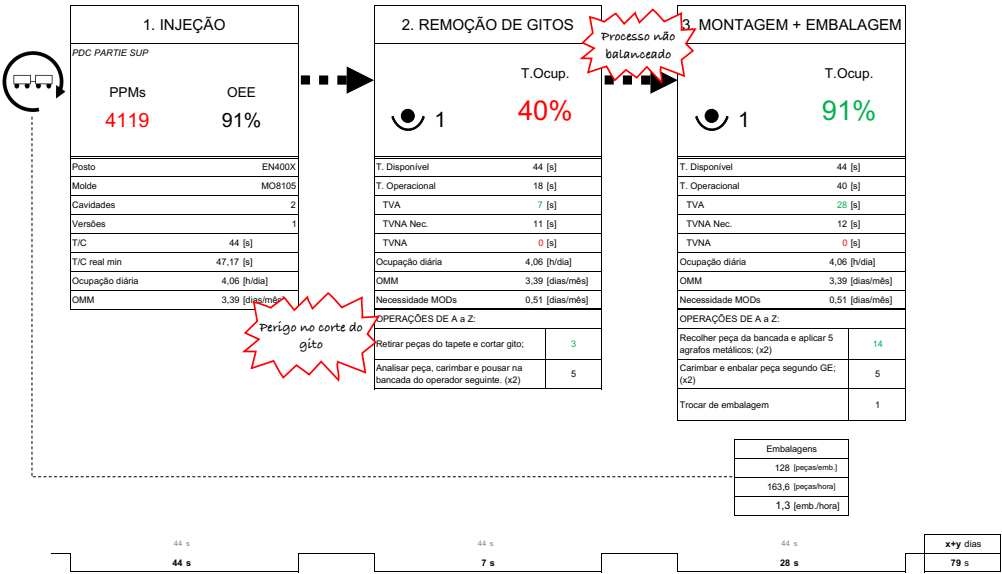


Figura 6.24: VSM ao nível do processo do estado atual (*Pdc Partie Sup*).

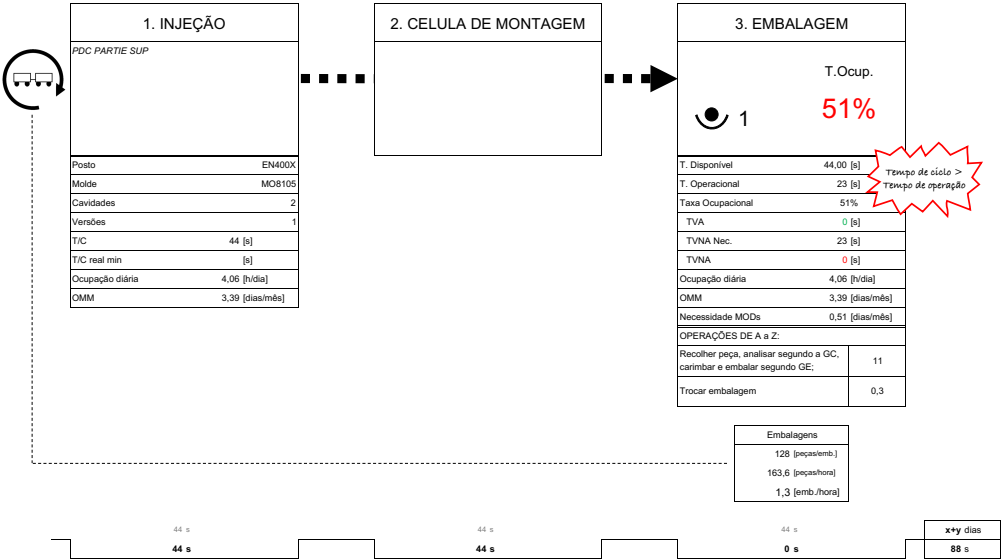


Figura 6.25: VSM ao nível do processo do estado futuro (*Pdc Partie Sup*).

6.2.11 *Pdc Partie Inf*

A célula de montagem que faz a montagem dos agrafos nesta peça é a mesma onde é feita a montagem na peça *jupe*, Figura 5.3, mas com uma base diferente especialmente para esta peça. A utilização da célula com montagem automática torna o processo mapeado na Figura 6.26 bastante otimizado e as tarefas do operador simples e ocupação reduzida. Neste processo em particular, uma possível redução do tempo de ciclo agrava o problema de abastecimento e recolha de embalagens. Cada embalagem leva apenas 7 peças e um consumo de mais de 9 embalagens por hora sobrecarga o operador do *milk-run* interno.

Para melhorar a cadeia logística propôs-se o desenvolvimento de uma estrutura capaz de elevar uma embalagem para estar presente no posto de trabalho. Quando implementada, a estrutura de elevação reduziria o fluxo de embalagens do processo para metade, 9 embalagens de duas em duas horas, e facilitaria a diminuição do tempo de ciclo.

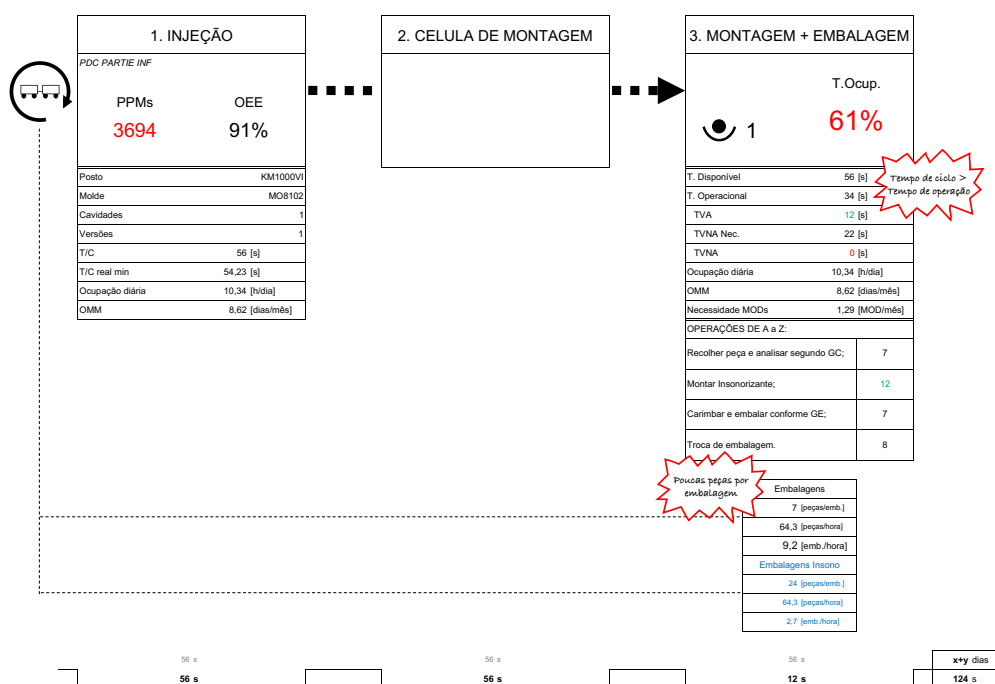


Figura 6.26: VSM ao nível do processo do estado futuro (*Pdc Partie Inf*).

6.2.12 *Cale Anti-pompage e Cache Charniere*

Os processos em análise nesta secção, Figura 6.27 e Figura 6.28, não envolvem a montagem de nenhum componente e não apresentam nenhum problema evidente em termos logísticos ou de processo. O estudo de amostragem apenas revelou que, ambos os casos, o tempo de ciclo poderia ser reduzido. Para a peça *Cale Anti-pompage* foi programada a redução do tempo de ciclo de 32 para 25 segundos e para a *Cache Charniere* de 25 para 22 segundos.

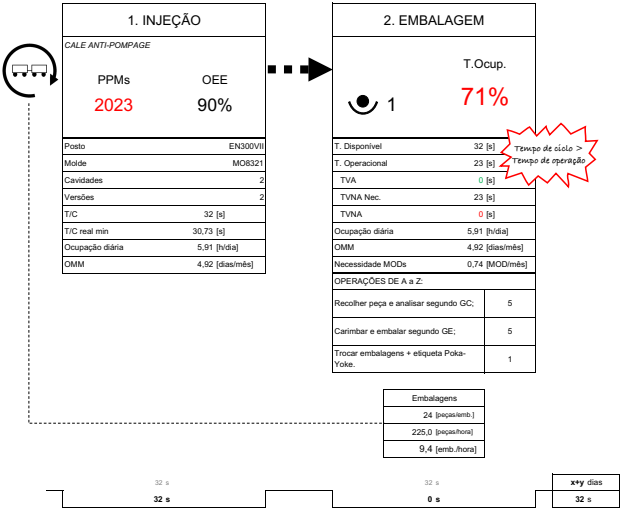


Figura 6.27: VSM ao nível do processo do estado atual (*Cale Anti-pompage*).

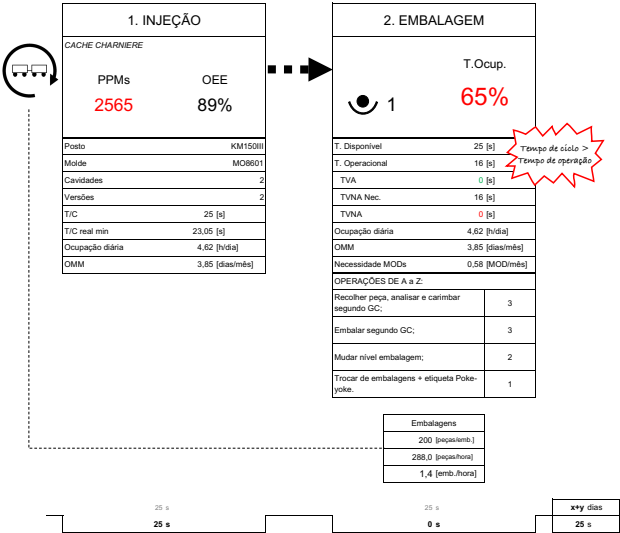


Figura 6.28: VSM ao nível do processo do estado atual (*Cache Charniere*).

6.3 Procedimento para redução do tempo de ciclo

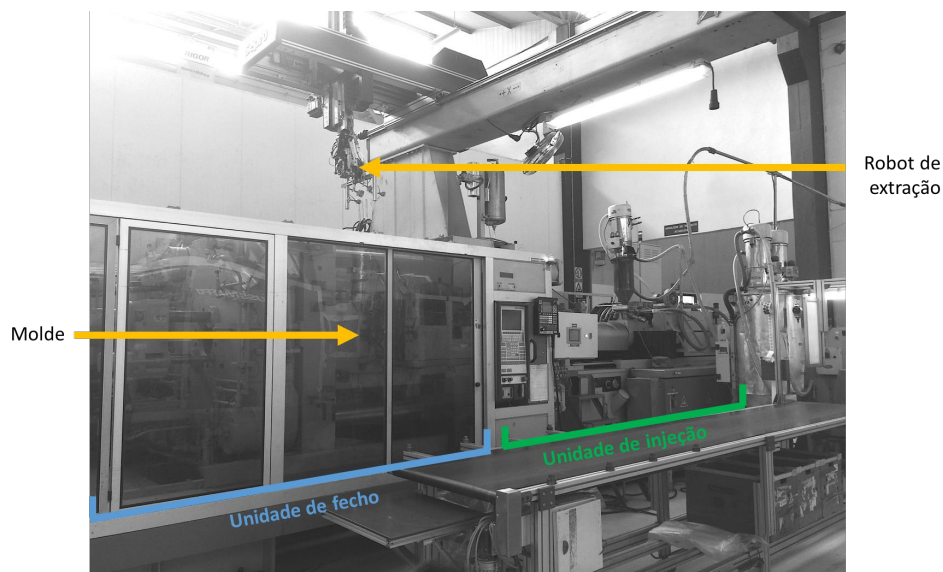


Figura 6.29: Exemplo de máquina de injeção.

Durante o período de estágio foi possível observar os procedimentos para a redução dos tempos de ciclo de injeção que serão descritos nesta secção. A Figura 6.29 é um exemplo de uma máquina de injeção com a identificação de algumas das suas partes integrantes.

Em conjunto com o responsável pela melhoria dos processos de injeção ("HP", Tabela 6.1) foi feita a supervisão do processo de injeção com alteração de alguns parâmetros de injeção e para os quais serão agora introduzidas algumas noções.

O tempo de ciclo de injeção pode ser decomposto pelos tempos das várias etapas ilustradas na Figura 6.30 e estes são:

1. Fecho do molde:

O processo de injeção principia com o molde aberto e o canhão que injeta o material no molde abastecido. O sistema hidráulico é accionado de forma a unir as duas metades do molde.

O tempo de avanço do cilindro que realiza o fecho é um dos parâmetros que pode ser alterado de forma a contribuir para a redução do tempo de ciclo global. Este pode estar dividido em três ou mais partes para aceleração e desaceleração e onde para as quais são especificadas as velocidades e pontos das mesmas. Este recurso, "*amortecimento de fecho*" possibilita um deslocamento a baixa velocidade da placa móvel no início e fim do percurso. O fecho do molde deverá ser o mais rápido possível desde que o impacto entre as duas partes não danifique o molde.

2. Avanço da unidade de injeção:

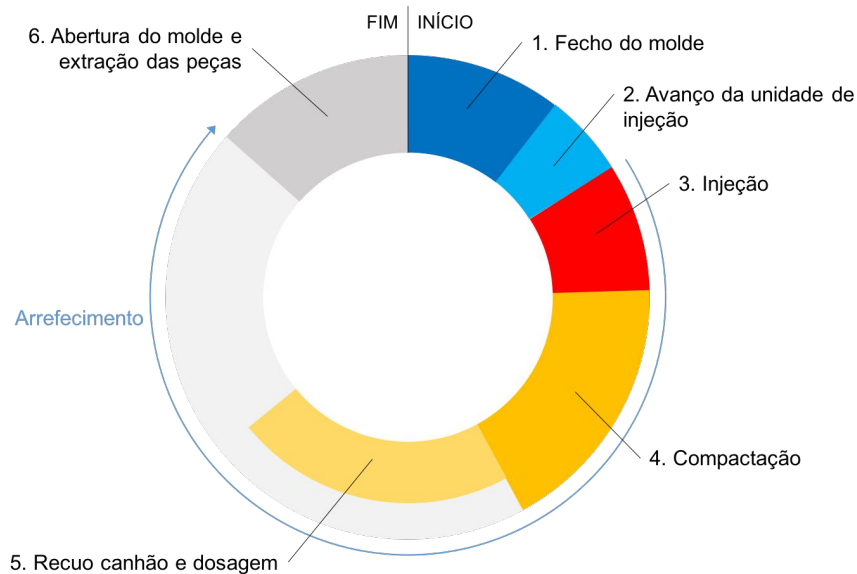


Figura 6.30: Etapas do ciclo de injeção convencional.

Fonte: Moldes de Injeção Plásticos (2017)

Com o molde fechado ocorre o avanço do bico de injeção de encontro à bucha de injeção do molde. A velocidade de avanço do bico é definida o mais rápido possível mas de forma a evitar danos.

3. Injeção:

Nesta etapa, o canhão injeta o material nas cavidades do molde. Em simultâneo, começa o processo de arrefecimento do material. A redução do tempo da injeção propriamente dita implica o ajuste da velocidade de injeção. Um aumento da velocidade de injeção leva a um preenchimento mais rápido das cavidades, no entanto, pode causar o aparecimento de rebarbas e raiados e como tal, evita-se alterar esta.

4. Compactação:

Com as cavidades preenchidas o bico de injeção continua a fornecer material a uma pressão mais baixa conhecida como segunda pressão para compensar a contração do material durante o arrefecimento. O tempo de segunda pressão pode ser reduzido se não causar defeitos.

5. Recuo do canhão e dosagem:

Em simultâneo com o arrefecimento do material, o canhão de injeção recua e é adicionado material para a próxima injeção (dosagem). O tempo desde o fim da segunda pressão até

à abertura do molde, onde ocorre a plastificação e arrefecimento das peças é o que mais influência o tempo de ciclo global.

Com o objetivo de redução deste tempo, por vezes é necessária a utilização de outros recursos para além da simples alteração de parâmetros. De forma a acelerar o processo de arrefecimento por vezes altera-se o sistema de refrigeração do molde acrescentando canais de água que circulam no molde (Jahan e El-Mounayri, 2016).

6. Abertura do molde e extração das peças:

O tempo despendido na abertura do molde pode ser reduzido modificando as velocidades como ocorre no fecho no início do ciclo de injeção. A extração das peças dá-se com o avanço da placa de extração. O ajuste da velocidade de extração não deve permitir que os extratores danifiquem as peças ou que as façam ganhar inércia.

Por fim um robot com ventosas é responsável por recolher as peças do molde e deixá-las no tapete rolante ao lado da máquina de injeção. Os movimentos do robot podem também ser otimizados para reduzir o tempo global de injeção.

Das ações para redução dos tempos de ciclo definidas na Secção 6.2 resultaram as modificações da Tabela 6.2 para os respetivos processos de injeção. Caso as reduções do tempo de ciclo não apresentem defeitos aparentes nas peças, são recolhidas peças de três injeções para controlo visual, dimensional e do peso pelo departamento de qualidade da empresa. Por fim, após a aprovação da qualidade das peças, é feito o controlo da produção com o novo tempo de ciclo e a ficha de parâmetros de injeção do molde atualizada.

Tabela 6.2: Alterações nos parâmetros de injeção.

Molde	Redução T.C.	Medidas
8601	25" para 22"	Redução do tempo de arrefecimento (1.5"); Otimização do robot de extração; Aumento das velocidades de abertura e fecho do molde.
8095	54" para 50"	Redução do tempo de arrefecimento (3"); Redução do tempo 2ª pressão (1").
8099	28" para 25"	Redução do tempo 2ª pressão (3"); Otimização do robot de extração.
8097	40" para 30"	Redução do tempo de arrefecimento; Otimização do robot de extração.
8098	40" para 33"	Redução do tempo de arrefecimento; Redução do tempo 2ª pressão; Aumento das velocidades de abertura e fecho do molde.
8104	38" para 35"	Redução do tempo de arrefecimento (3");

6.4 Impacto financeiro das ações de melhoria

Para justificação do investimento em ações de melhoria a empresa projeta os ganhos e custos anuais associados a cada uma das ações do plano de melhoria, Tabela 6.1. Os ganhos são provocados pela diminuição da necessidade de operários (ΔMOD) e da ocupação da máquina (ΔOMM) e são calculados a partir das seguintes fórmulas:

$$\text{Ganhos de MOD's} = \Delta\text{MOD} \times 8 \text{ h} \times \text{Custo MOD €/h} \times 20 \text{ dias} \times 10 \text{ meses} \quad (6.3)$$


$$\text{Ganhos OMM} = \Delta\text{OMM} \times 24 \text{ h} \times \text{Custo Máquina €/h} \times 10 \text{ meses} \quad (6.4)$$

Combinando as duas equações obtém-se:

$$\text{Ganhos Totais Anuais} = \text{Ganhos de MOD's} + \text{Ganhos Máquina} \quad (6.5)$$

Os custos energéticos de cada máquina está definido em função da força de fecho da máquina conforme a Tabela D.1 do Anexo D fornecida pela empresa. Neste estudo dos ganhos projetados das ações, considera-se uma organização que trabalha em turnos de 8 horas, cada mês tem 20 dias úteis, durante 10 meses e com um rendimento operacional (OEE) de 85%. Assume-se ainda um salário médio por operário de 11 € por hora conforme a Tabela D.2.

Tabela 6.3: Resumo dos ganhos projetados para as ações do plano de melhoria.

<div> GRUPO Simoldes Plastic Division</div>			Cálculo dos Ganhos					Necessidade carros/dia:				565	OEE:	85%
								Custo hora MOD:				11	nº turnos:	3
								Meses:	10	horas	8	dias/mês:	20	
Molde	Máquina		ANTES				DEPOIS				GANHOS ANUAIS			
	Ton.	Custo hora	TC	OMM	MOD	Nec. MODs	TC	OMM	MOD	Nec. MODs	OMM	MOD	Total	
8092	800	€ 50,34	55	8,46	2	2,54	55	8,46	2	2,54	0,00	0,00	€ -	
8094	400	€ 28,42	32	4,92	2	1,48	25	3,85	1	0,58	1,08	0,90	€ 23 189	
8095	800	€ 50,34	54	8,31	1	1,25	50	7,69	1	1,15	0,62	0,09	€ 9 061	
8097	400	€ 28,42	40	6,15	2	1,85	30	4,62	2	1,38	1,54	0,46	€ 18 619	
8098	400	€ 28,42	40	6,15	2	1,85	33	5,08	2	1,52	1,08	0,32	€ 13 033	
8099	150	€ 10,66	30	4,62	1/2	0,35	25	3,85	1/2	0,29	0,77	0,06	€ 2 984	
8100	1000	€ 58,58	55/60	8,46	1+2	4,04	55	8,46	2	2,54	0,00	1,50	€ 26 404	
8104	800	€ 50,34	35	5,39	2	1,62	35	5,39	1	0,81	0,00	0,81	€ 14 217	
8105	400	€ 28,42	44	6,77	2	2,03	30	4,62	1	0,69	2,15	1,34	€ 38 253	
8321	275	€ 22,82	32	4,92	1	0,74	25	3,85	1	0,58	1,08	0,16	€ 8 742	
8601	150	€ 10,66	25	3,85	1	0,58	22	3,39	1	0,51	0,46	0,07	€ 2 400	
TOTAL:				68,01	15,50	18,30		59,24	14,50	12,59	13%	6%	€ 156 902	

A Tabela 6.3 resume os ganhos projetados para as ações propostas no plano de melhoria desta dissertação. Apesar do ganho significativo de mais de 150 mil euros anuais é de notar que, até à data de conclusão da escrita deste documento, ainda não foi concluída a implementação de todas as ações. A verificação destes ganhos ficará dependente do rigor no seguimento do plano de melhoria e sucesso das ações definidas como proposto na próxima Secção 7.2.

Capítulo 7

Conclusões e trabalhos futuros

7.1 Conclusões

O caso de estudo apresentado é um exemplo real de sucesso de utilização das filosofias *lean* na INPLAS da Divisão Plásticos do Grupo Simoldes. A utilização do VSM e de todas as outras ferramentas (5 S's, sistema *pull*, *Poka-Yoke*, etc...) revelou ser um fator chave para a evolução contínua da produtividade da empresa exigida pelo setor onde esta está inserida. Neste contexto de melhoria contínua, foi feita a análise do estado atual do processo produtivo de todas as peças do projeto SP010/14 recorrendo à ferramenta *lean* de mapeamento VSM.

A análise detalhada do processo de cada peça, com a descrição das tarefas realizadas pelos operadores e respetiva cronometragem dos tempos revelou ser um desafio maior que o esperado. Apesar das tarefas de cada operador estarem bem definidas na documentação anexa ao processo, não impede cada operador de realizar estas de forma diferente e personalizada. A presença de um elemento estranho ao processo revelou ser um fator que influencia o desempenho do operador e, respetivamente, a veracidade dos resultados dos estudos de amostragem. No entanto, a contextualização dos operadores, mais familiarizados com o processo, do estudo a ser realizado e respetivos objetivos foi crucial para a identificação de vários problemas no processo.

O mapeamento cumpriu a sua principal função de ajuda na visualização do projeto global, determinação dos processos com maior necessidade de atenção e definição de um plano bem estruturado com ações de melhoria a ser implementadas. A equipa multidisciplinar que participou nos vários eventos *kaizen* de seguimento de plano de melhoria foi essencial para garantir que todas as ações eram feitas de forma ponderada e sem pôr em causa o funcionamento dos vários departamentos e restantes projetos da empresa. O estado atual do projeto transpareceu a necessidade de: otimização e balanceamento de operações, redução de inventário de produtos semi-acabados, redução de produção de peças não conformes, otimização do processo logístico.

As ações definidas em resposta a estas necessidades, se implementadas, representariam uma poupança anual mais de 150,000 € até 2022, ano de término do projeto.

O seguimento e dedicação da equipa permitiu o fecho de maior parte das ações definidas no plano de melhoria dentro do período de estágio do aluno na empresa. Como esperado, nem todas

as ações que seriam possíveis, na teoria, resultaram na prática. No entanto, graças ao envolvimento e dedicação dos operadores permitiu o contrário também se verificasse.

Os objetivos do plano de melhoria foram alcançados e contribuíram para o planeamento estratégico da administração: foco em processos em série com elevado potencial de melhoria (redução de um operador no processo da peça *Lat de Vitre*, implementação da célula de montagem para as peças *Dormant* e *Pdc Partie Sup* e redução dos PPMs nas peças *Bas Marche* e *Sup de Pied Extreme*); redução de 5 % do tempo de ciclo de injeção relativamente ao estabelecido no início do projeto (total das reduções alcançadas correspondem a uma redução de 6,3 %) e rentabilização de área útil (passagem do posto de montagem da peça *Jupe* para a saída da injeção e respetiva eliminação do stock intermédio de produto semi-acabado da mesma peça).

7.2 Trabalhos futuros

A sujeição da empresa às filosofias *lean* implica a dedicação constante e contínua em toda a cadeia de valor. O sucesso deste plano de melhoria exige que as ações definidas na Tabela 6.1 sejam cumpridas por cada um dos responsáveis ou pilotos dentro da data prevista. Após cumpridas as ações segue-se a monitorização e apresentação de resultados a toda a empresa de forma a fomentar o interesse na melhoria contínua. As principais ações desenvolvidas foram de encontro à rentabilização da mão-de-obra pela redução do tempo de ciclo e redução do inventário de produtos semi-acabados, mas existe ainda oportunidades de melhoria fora do caso de estudo desta dissertação e da aplicação da ferramenta VSM.

A introdução dos eventos *kaizen* foi feita numa perspetiva mais ampla ou *macro*, do projeto. No entanto, o mesmo tipo de iniciativa poderá ser feito ao nível do processo de forma a otimizar as tarefas do operador e melhorar o estado do posto de trabalho recorrendo às ferramentas 5S.

No decorrer do projeto verificou-se também a falta de interação entre a parte produtiva e logística do processo. Isto é, as ordens de produção servem as necessidades do cliente e, por vezes, sobrecarregam o sistema *milk-run* da empresa. A empresa, juntamente com o resto do Grupo, deve reunir esforços para acrescentar a variável de consumo de embalagens ao sistema de programação de produção.

Reconhecida a eficácia da utilização da ferramenta VSM, o mesmo procedimento utilizado no projeto SP010/14, Secção 5.4 poderá ser utilizado nos restantes projetos nos quais a empresa e Grupo estão envolvidos.





















A exigência do setor automóvel irá, num futuro próximo, obrigar a INPLAS e o resto do Grupo Simoldes a fazer parte da quarta revolução industrial. A convergência entre a produção física e as tecnologias digitais pode ser alcançada pela adaptação do atual sistema de recolha dos dados projetados nos quadros de controlo de produção para um sistema MES (*Manufacturing Execution System*) que regista a produção numa plataforma digital relacionando-a com as necessidades do cliente, de matéria-prima e componentes e de atribuição de mão-de-obra qualificada ao posto de trabalho. Com este tipo de sistema, a monitorização das métricas descritas nesta dissertação seria feita em tempo real, facilitando a intervenção do grupo de trabalho da empresa.









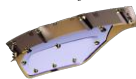














Anexo A

Peças e componentes projeto KFB

A Tabela A.1 ilustra todas as peças produzidas na INPLAS do projeto SP010/14. A cada peça está associado um molde (Coluna "Nº") e pode incluir, ou não, componentes. Algumas das peças têm mais que uma versão para a carrinha Renault desportiva. As diferenças existentes entre estas versões são especificadas na coluna "Obs".

Tabela A.1: Peças e respetivos componentes do projeto SP010/14 KFB

GRUPO Simoldes Plastic Division		Projeto:	SP010/14					
		Carro:	Renault Megane Sport Tourer 2016					
Nº	Peça	Componentes						Obs.
8092	<i>Bas Marche</i> 	3 Clips azuis 						
8094	<i>Dormant</i> 	6 Agrafos 						
8095	<i>Pied Ar</i> 	1 Clip preto 						
8096	<i>Tablette Lat</i> 	1 Clip azul 	1 Insonorizante 	1 Mola chapa 	1 Rail Tendelet 	1 Espuma* 	Tem 2 versões: Normal e Easy Break (com abertura) *só na peça esquerda	
8097	<i>Sup de Pied</i> 	3 Clips azuis 	1 Taka 					
8098	<i>Sup de Pied Extreme</i> 	1 Clip azul 	1 Clip preto 	1 Taka 				

8 0 9 9	Rampe 					
8 1 0 0	Jupe 	8 Clips azuis 	2 Insonorizantes 	2 Inoxs* 	1 Cache Gache 	Tem 2 versões: Normal e Inox; *só na versão Inox
8 1 0 1	Cache Gache 	2 Molas Jupe 				Com produção subcontratada;
8 1 0 2	Pdc Partie Inf 	12 Agraños 	1 Insonorizante 			
8 1 0 3	Trappe 					
8 1 0 4	Lat de Vitre 	2 Agraños 				
8 1 0 4	Pdc Partie Sup 	5 Agraños 				
8 1 7 2	Rail Tendelet 	2 Clips azuis 	1 Assy Lock 			
8 1 8 4	Brancard 					
8 1 8 5	Porte Coffre 					
8 3 2 1	Cale Anti-pompage 					
8 6 0 1	Cache Charniere 					

(Continuação Tabela A.1)

Anexo B

Tabelas dos estudos de amostragem

O seguinte conjunto de tabelas está associado aos estudos de amostragem nos quais os tempos de operação nos diferentes processos do projeto foram baseados. Os estudos foram realizados para a definição do estado atual e para a análise do estado futuro alcançado após implementadas ações de melhoria (ver Tabela B.1 a B.21).

As tabelas foram desenvolvidas recorrendo ao Excel e são baseadas nas utilizadas pela empresa para a recolha de tempos nos postos de trabalho.

Para esta dissertação foi alterado o formato da empresa para calcular o número de amostras necessário, resultando em estudos mais fidedigno. O número de amostras necessário "*Nº CRONO (T)*" indicado em cada tabela resulta do maior número "*n*" calculado, recorrendo às fórmulas enunciadas na Secção 4.7.3.1, das 15 amostras iniciais de cada uma das tarefas do operador.

Tabela B.1: Estudo de amostragem das operações na peça *Bas Marche* (estado atual)

MOLDE:	8092	TEMPO DE CICLO TEÓRICO:	60	POSTO:	EN601V	Nº MOD:	2	CONFIANÇA:	95%	Nº CRONO (T)	23																					
PEÇA:	BAS MARCHÉ	CAVIDADES:	2	DATA:	07/03/2017	FRITMO:	0,9	PRECISÃO:	10%	Nº CRONO	25																					
Nº OP.	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	Nº PEÇAS/ CRONO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	TEMPO/ PEÇA (média)	TEMPO/ PEÇA (melhor)	TEMPO/ PEÇA (pioor)	TEMPO V/A /PEÇA (média)	MÉDIA *FR
1	Abastecer perfiteiro com 3 Clips plásticos azuis;	1	11	10	11	13	12	13	9	9	11	15	12	11	15	17	11	10	11	15	13	13	16	18	12	12	14	12,6	9,0	18,0	12,6	11,3
2	Recolher peça, analisar segundo GC, colocar no perfiteiro e dar START;	1	17	18	16	17	14	23	11	19	11	10	12	7	11	13	18	18	13	17	18	13	19	13	12	13	14	14,7	7,0	23,0	0,0	13,2
3	Retirar peça, carimbar e embalar de acordo com GE;	1	12	9	13	14	13	11	9	11	14	21	13	16	15	17	15	11	15	15	13	14	15	14	15	14	13	13,7	9,0	21,0	0,0	12,3
4	Trocar embalagens + etiqueta Poka-Yoke;	24	86	92																							3,7	0,2	3,8	0,0	3,3	
TOTAL VA: 1		SOMA DAS ATIVIDADES (TEMPO/PEÇA):																									44,6	25,2	65,8	12,6	40	
TOTAL: 4		OCUPAÇÃO(PAX./CICLO):																									74%	42%	110%	21%	67%	
		(%) OCUPAÇÃO(CICLO):																									26%	58%	-10%	79%	33%	
		(tempo livre):																									média	melhor	pioor	V/A	média*FR	

Tabela B.2: Estudo de amostragem das operações na peça *Dormant* (estado atual)

MOLDE:	8094	TEMPO DE CICLO TEÓRICO:	32	POSTO:	EN400X	Nº MOD:	2	CONFIANÇA:	95%	Nº CRONO (T)	24																						
PEÇA:	DORMANT	CAVIDADES:	2	DATA:	05/04/2017	F.RITMO:	1,1	PRECISÃO:	10%	Nº CRONO	25																						
Nº OP.	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	Nº PEÇAS/ CRONO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	TEMPO/ PEÇA (média)	TEMPO/ PEÇA (melhor)	TEMPO/ PEÇA (pioor)	TEMPO V/A /PEÇA (média)	MÉDIA *FR	
1	Recolher peça e analisar segundo a GC;	1	5	4	5	3	3	4	4	3	3	5	5	3	4	3	3	5	5	3	5	5	3	5	2	5	3,9	2,0	5,0	0,0	4,3		
2	Montar 6 agrafos;	X	1	7	6	6	8	8	8	5	7	7	7	8	8	7	7	7	8	8	7	8	8	7	4	8	7,2	4,0	8,0	7,2	7,9		
3	Riscar a lápis ligações do agrifo;		1	5	3	3	4	5	4	5	5	5	4	6	4	5	4	6	4	4	6	4	4	5	6		4,7	3,0	6,0	0,0	5,1		
4	Carimbar peça e embalar segundo GE;		1	5	3	4	3	4	4	4	5	5	3	4	5	4	4	3	4	5	2	4	5	5	4	3	4	4,0	2,0	5,0	0,0	4,4	
5	Trocar embalagem + Poka-Yoke.		128	63							65																0,5	0,0	0,5	0,0	0,6		
TOTAL VA:			1	SOMA DAS ATIVIDADES (TEMPO/PEÇA):																									20,3	11,0	24,5	7,2	22
TOTAL:			5	OCUPAÇÃO(PAX./CICLO):																									20,3	11,0	24,5	7,2	22
				(%) OCUPAÇÃO(CICLO):																									69%	34%	77%	22%	70%
				(tempo livre):																									37%	66%	23%	78%	30%
																													média	melhor	pioor	V/A	média*FR

[illegible]

MOLDE: PEÇA:	8097 SUT DE PIED	TEMPO DE CICLO TEÓRICO: CAVIDADES:										EN400XI 14/03/2017		Nº MOD: F.RITMO:		CONFIANÇA: PRECISÃO:	Nº CRONO (T)	17														
Nº OP.	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	Nº PEÇAS/ CRONO	CRONOMETRAGENS										TEMPO PEÇA (média)		TEMPO/ PEÇA (prior)	VA /PEÇA (média)	MÉDIA *FR															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25					
1	Recolher peça e analisar segundo GC;	1	4	5	4	4	4	4	5	5	5	4	4	3	5	4	5	4	4	5	4	4						4,3				
2	Colocar peça na base e montar 1 clip plástico azul;	1	3	3	4	4	4	4	4	4	3	6	3	4	6	4	4	3	4	4	4	4					4,0					
3	Montar insonorizante;	1	7	6	6	6	5	5	6	6	6	6	5	6	3	5	5	7	5	6	6	6					5,7					
4	Colocar peça no periférico e dar START;	1	3	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	3					3,3					
5	Retirar peça, carimbar e embalar segundo GE;	1	6	5	6	7	5	5	4	7	5	5	3	5	6	5	3	5	7	5	5	5					5,2					
6	Trocar de embalagens + etiqueta Poka-Yoke.	25	60	77																							2,7					
TOTAL VA:		0	SOMA DAS ATIVIDADES (TEMPO/PEÇA):																									25,1	15,1	32,1	9,6	25
TOTAL:		3	OCUPAÇÃO/PAX./CICLO:																									25,1	15,1	32,1	9,6	25
			(%) OCUPAÇÃO/CICLO:																									63%	38%	80%	24%	63%
			tempo livre:																									37%	62%	20%	76%	37%

Tabela B.5: Estudo de amostragem das operações na peça *Tablette Lat* (estado atual)

MOLDE:		8096		TEMPO DE CICLO TEÓRICO:		58		POSTO:		KMI000V1		07/03/2017		Nº MOD:		2		CONFIANÇA:		95%		Nº CRONO (T)		24									
PEÇA:		TABLETTE LAT		CAVIDADES:		2		DATA:		FABRIMOD:		1		PRECISÃO:		10%		Nº CRONO		25		MÉDIA		*FR									
Nº OP.	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	VA	Nº PEÇAS/CRONO	CRONOMETRAGENS																									TEMPO/PEÇA (média)	TEMPO/PEÇA (melhor)	TEMPO/PEÇA (pior)	TEMPO VA /PEÇA (média)	MÉDIA *FR
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25					
1	Recolher peça e analisar segundo GC;		1	5	3	4	5	6	6	3	4	3	4	3	4	3	3	5	4	3	5	5	5	3	5	4,1	3,0	6,0	0,0	4,1			
2	Montar 1 clip plástico azul e espuma (peça esquerda);	X	1	6	7	6	6	7	5	6	7	10	6	10	8	7	10	10	6	7	7	6	5	6	5	5	10	7	7,0	5,0	10,0	7,0	7,0
3	Montar mola clapa;	X	1	6	6	6	6	7	4	5	8	4	8	5	8	7	4	4	5	6	4	6	5	8	6	4	6	5,7	4,0	8,0	5,7	5,7	
4	Montar Rail Tendelet;	X	1	5	3	3	4	6	5	4	5	4	4	3	3	4	6	4	3	3	3	3	4	4	4	3	3	3,8	3,0	6,0	3,8	3,8	
5	Montar Insensibilizante;	X	1	16	12	13	15	13	10	13	11	11	16	11	14	10	10	13	14	13	14	12	16	13	14	10	13	12	12,8	10,0	16,0	12,8	12,8
6	Colocar peça no periférico e dar START;		1	8	7	7	8	6	9	5	7	5	5	4	5	5	5	9	5	5	5	4	5	6	8	5	7	6,0	4,0	9,0	0,0	6,0	
7	Retirar peça, carimbar e embalar segundo GE;		1	10	17	12	9	8	14	10	10	8	9	11	8	9	13	8	11	12	10	9	12	11	10	14	8	17	10,8	8,0	17,0	0,0	10,8
8	Trocar de embalagem + etiqueta Poka-Yoke;		16	83														65									82	4,9	0,3	5,4	0,0	4,9	
TOTAL VA:		4	SOMA DAS ATIVIDADES (TEMPO/PEÇA):																									55,1	37,3	77,4	29,3	55	
TOTAL:		8	OCUPAÇÃO/PAX/CICLO:																									55,1	37,3	77,4	29,3	55	
			(%) OCUPAÇÃO/CICLO:																									95%	64%	133%	50%	95%	
			tempo livre:																									5%	36%	-33%	50%	5%	
			média:																									5%	36%	-33%	50%	5%	
			mediana:																									5%	36%	-33%	50%	5%	
			pior:																									5%	36%	-33%	50%	5%	
			VA:																									5%	36%	-33%	50%	5%	
			média + PR:																									5%	36%	-33%	50%	5%	

Tabela B.6: Estudo de amostragem das operações na peça *Sup de Pied Extreme* (estado atual)

MOLDE:	8098	POSTO:	EN400XI	N° MOD:	2	CONFIANÇA:	95%	N° CRONO (T)	20																							
PEÇA:	SUP DE PIED EXTREME	CAVIDADES:	2	F.RITMO:	1	PRECISÃO:	10%	N° CRONO	25																							
N° OP.	N° PEÇAS/CRONO	CRONOMETRAGENS																									MÉDIA *FR					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		TEMPO/PEÇA (melhor)	TEMPO/PEÇA (pior)	TEMPO VA /PEÇA (média)		
1	1	1	6	4	3	5	7	5	5	4	5	4	6	4	4	6	6	6	6	5	5	6	4	6	6	6	5.1	3.0	7.0	0.0	5.1	
2	1	X	1	8	9	7	12	5	7	8	7	10	7	8	11	11	10	9	10	9	10	11	7	8	11	9	10	8.8	5.0	12.0	8.8	8.8
3	1	X	1	6	7	7	6	6	6	7	7	7	8	9	5	5	5	4	5	6	6	5	8	9	5	5	4	6.1	4.0	9.0	6.1	6.1
4	1		1	4	8	5	7	6	8	5	6	7	4	4	9	5	6	7	6	6	5	5	5	6	7	7	6	6.0	4.0	9.0	0.0	6.0
5	1		1	4	4	3	4	3	3	3	4	4	5	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3.4	3.0	5.0	0.0	3.4
6	1		76	49										53													0.7	0.0	0.7	0.0	0.7	0.7
TOTAL VA:		2	SOMA DAS ATIVIDADES (TEMPO/PEÇA):																									30.1	19.0	42.7	15.0	30
TOTAL:		6	OCUPAÇÃO PAX./CICLO:																									30.1	19.0	42.7	15.0	30
			(% OCUPAÇÃO/CICLO):																									75%	48%	107%	37%	75%
			tempo livre:																									25%	52%	-7%	63%	25%
			média																										melhor	pior	VA	médias FR

Tabela B.7: Estudo de amostragem das operações na peça *Rampe* (estado atual)

MOLDE:	8099	POSTO:	KM150VIII	Nº MOD:	0,5	CONFIANÇA:	95%	Nº CRONO (T)	10																								
PEÇA:	RAMPE	CAVIDADES:	2	F.RITMO:	1,1	PRECISÃO:	10%	Nº CRONO	15																								
Nº OP.	Nº PEÇAS/CRONO	CRONOMETRAGENS																									TEMPO/PEÇA (pior)	TEMPO/VA /PEÇA (média)					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25							
1	1	Recolher peça, analisar e embalar segundo QF:	2	6	3	5	4	6	6	5	5	4	7	6	6	7	6	8									2,8	1,4	4,0	0,0	3,1		
2	1	Trocar de embalagens + etiqueta Poké-yoke.	220	223																							1,0	0,0	1,0	0,0	1,1		
TOTAL VA:			0	SOMA DAS ATIVIDADES (TEMPO/PEÇA):																									3,8	1,4	5,0	0,0	4
TOTAL:			2	OCUPAÇÃO/PAX./CICLO:																									15,3	5,6	20,1	0,0	17
				(%) OCUPAÇÃO/CICLO:																									51%	19%	67%	0%	56%
				tempo livre:																									81%	33%	100%	44%	médias FR
				média																										melhor	pior	VA	médias FR

Tabela B.8: Estudo de amostragem das operações na peça *Jupe* (estado atual)

MOLDE:	8100	TEMPO DE CICLO TEÓRICO:		55	POSTO:		KM1000VI		Nº MOD:		1	CONFIANÇA:		95%	Nº CRONO (T)		2																		
PEÇA:	JUPE	CAVIDADES:		2	DATA:		02/03/2017		F. RÍTIMO:		1,1	PRECISÃO:		10%	Nº CRONO		15																		
Nº OP.	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	Nº PEÇAS/ CRONO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	TEMPO/ PEÇA (média)	TEMPO/ PEÇA (melhor)	TEMPO/ PEÇA (pior)	TEMPO /VA /PEÇA (média)	MÉDIA *FR			
1	Recolher peça, analisar segundo GC e embalar segundo GE;	1	14	13	12	14	12	14	14	12	13	13	14	12	13	13												13,0	12,0	14,0	0,0	14,3			
2	Trocar de embalagens	42	60	56																								1,4	0,0	1,4	0,0	1,5			
TOTAL VA: 0		SOMA DAS ATIVIDADES (TEMPO/PEÇA):																											14,4	12,0	15,4	0,0	16		
TOTAL: 2		OCUPAÇÃO/PAIX/CICLO: 28,8																													24,1	30,9	0,0	32	
		(%) OCUPAÇÃO/CICLO: 52%																													44%	56%	0%	58%	
		(tempo livre: 48%)																													48%	56%	44%	100%	42%
		média																													melhor	pior	VA	média *FR	

Tabela B.9: Estudo de amostragem das operações na peça *Pdc Partie Inf* (estado atual)

MOLDE:	8102	TEMPO DE CICLO TEÓRICO:	56	POSTO:	KM1000VI	Nº MOD:	1	CONFIANÇA:	95%	Nº CRONO (T)	13																						
PEÇA:	PDC PARTIE INF	CAVIDADES:	1	DATA:	08/03/2017	F. RÍTIMO:	1,1	PRECISÃO:	10%	Nº CRONO	15																						
Nº OP.	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	Nº PEÇAS/CRONO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	TEMPO/PEÇA (média)	TEMPO/PEÇA (melhor)	TEMPO/PEÇA (pior)	TEMPO/VA/PEÇA (média)	MÉDIA *FR	
1	1	Recolher peça e analisar segundo GC;		1	6	7	8	8	6	8	6	7	5	6	4	7	5	6	7										6,4	4,0	8,0	0,0	7,0
2	1	Montar Insensortizante;	X	1	11	12	10	10	11	11	12	10	12	10	12	11	12	12											11,1	10,0	12,0	11,1	12,2
3	1	Carimbar e embolar conforme GE;		1	5	7	6	5	7	6	8	6	6	8	7	7	8	6											6,6	5,0	8,0	0,0	7,3
4	1	Troca de embalagem.		7	50																								7,1	1,0	7,1	0,0	7,9
TOTAL VA: 1			SOMA DAS ATIVIDADES (TEMPO/PEÇA):																									31,3	20,0	35,1	11,1	34	
TOTAL: 4			OCUPAÇÃO/PAIX/CICLO:																									31,3	56%	36%	63%	20%	61%
			(%) OCUPAÇÃO/CICLO:																									56%	44%	64%	37%	80%	39%
			tempo livre:																									44%	64%	37%	80%	39%	
			média																									melhor	pior	VA	média *FR		

Tabela B.10: Estudo de amostragem das operações na linha de montagem da peça *Jupe* (estado atual)

Tabela B.11: Estudo de amostragem das operações na peça *Trappe* (estado atual)

MOLDE:	8103	TEMPO DE CICLO TEÓRICO:	38	POSTO:	EN300VII	Nº MOD:	1	CONFIANÇA:	95%	Nº CRONO (T)	17																						
PEÇA:	TRAPPE	CAVIDADES:	4	DATA:	16/05/2017	F.RITMO:	1,1	PRECISÃO:	10%		22																						
Nº OP.	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	VA PEÇAS/ CRONO	CRONOMETRAGENS																									TEMPO/ PEÇA (média)	TEMPO/ PEÇA (melhor)	TEMPO/ PEÇA (pior)	TEMPO V/A /PEÇA (média)	MÉDIA *FR	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25						
1	Recolher peças, analisar e carimbar segundo GC;	2	6	4	4	3	4	5	5	7	6	5	8	5	7	4	10	6	5	4	6	8	6	8				2,9	1,4	5,0	0,0	3,2	
2	Embalar segundo GC;	2	3	3	6	5	5	7	5	5	5	8	2	7	5	5	6	6	5	4	5	3	7	4				2,5	1,0	4,0	0,0	2,8	
3	Mudar nível embalagem;	36	34	37	33	35																						1,0	0,0	1,0	0,0	1,1	
4	Mudar camada embalagem;	36	15	13	14	12																						0,4	0,0	0,4	0,0	0,4	
5	Trocar de embalagens + etiqueta Poke-yoke.	252	242																									1,0	0,0	1,0	0,0	1,1	
TOTAL VA:			0	SOMA DAS ATIVIDADES (TEMPO/PEÇA):																									7,7	2,5	11,4	0,0	8
TOTAL:			5	OCUPAÇÃO/PAIX./CICLO:																									30,7	9,9	45,6	0,0	34
				(%) OCUPAÇÃO/CICLO:																									81%	26%	120%	0%	89%
				tempo livre:																									19%	74%	-20%	100%	11%
				média																									melhor	pior	VA		média FR

Tabela B.12: Estudo de amostragem das operações na peça *Lat de Vitre* (estado atual)

MOLDE	8104	TEMPO DE CICLO TEÓRICO	35	POSTO	EN300V	Nº MOD	2	CONFIANÇA	95%	Nº CRONO (T)	18																							
PEÇA:	LAT DE VITRE	CAVIDADES	2	DATA	15/03/2017	F.RITMO	1	PRECISÃO	10%		20																							
Nº OP.	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	Nº PEÇAS/VA CRONO	CRONOMETRAGENS																									TEMPO/PEÇA (média)	TEMPO/PEÇA (melhor)	TEMPO/PEÇA (pior)	TEMPO VA /PEÇA (média)	MÉDIA *FR		
1	Recolher peça e analisar segundo GC;	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	2,9	2,0	4,0	0,0	2,9			
2	Montar 2 agraços metálicos, colocar no perférito e dar START;	X	1	8	9	8	9	7	8	8	11	9	8	9	10	8	9	9	7	9	9	10						8,7	7,0	11,0	8,7	8,7		
3	Retirar peça, carimbar e embalar segundo GE;		1	8	6	7	8	12	11	7	7	8	8	10	9	7	9	6	10	8	9							8,5	6,0	12,0	0,0	8,5		
4	Troca de embalagem + etiqueta Poka-Yoke.		70	102																								1,4	0,0	1,5	0,0	1,4		
TOTAL VA:			1	SOMA DAS ATIVIDADES (TEMPO/PEÇA):																									21,5	15,0	28,5	8,7	22	
TOTAL:			4	OCUPAÇÃO/PAIX./CICLO:																										62%	43%	81%	25%	62%
				(%) OCUPAÇÃO/CICLO:																										38%	57%	19%	75%	38%
				tempo livre:																										média	melhor	pior	VA	média FR

Tabela B.13: Estudo de amostragem das operações na peça *Pdc Partie Sup* (estado atual)

MOLDE: PEÇA:	8105 PDC PARTIE SUP	TEMPO DE CICLO TEÓRICO: CAVIDADES:				44 2	POSTO: DATA:	16/03/2017											Nº MOLD: FÍTIMO:	1 1,1	CONFIANÇA: PRECISÃO:	95% 10%	Nº CRONO (T): Nº CRONO (T):	18 19								
		CRONOMETRAGENS																														
Nº OP.	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	Nº PEÇAS/ CRONO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	TEMPO/ PEÇA (prior)	TEMPO/ PEÇA (média)	95% 10%	Nº CRONO (T): Nº CRONO (T):	18 19
1	Retirar peças do tapete e cortar giro;	X	5	7	6	6	7	7	6	5	6	5	6	6	5	7												3,1	1,5	3,5	3,1	3,4
2	Amalisar peça, curimbar e posar na bancada do operador seguinte. (x2)		1	6	5	5	4	6	5	4	6	3	5	4	5	4	5	4	5	8								4,9	3,0	8,0	0,0	5,4
3	Recolher peça da bancada e aplicar 5 agraços metálicos; (x2)	X	1	14	13	11	13	12	13	12	14	12	12	11	13	14	13	14	15	14								12,9	11,0	15,0	12,9	14,2
4	Carimbar e embalar peça segundo GE; (x2)		1	3	4	5	4	4	4	5	3	4	3	3	5	4	4	6	6	6								4,3	3,0	6,0	0,0	4,7
5	Trocar de embalagem		64	60										67														1,0	0,0	1,0	0,0	1,1
TOTAL VA:		2	SOMA DAS ATIVIDADES (TEMPO/PEÇA):																									8,0	4,5	11,5	3,1	9
TOTAL:		5	OCUPAÇÃO/PEÇA/CICLO:																									16,1	9,1	23,0	6,2	18
			(% OCUPAÇÃO/CICLO:																									36%	21%	52%	14%	40%
			tempo livre:																									64%	79%	48%	86%	60%
			média:																									64%	79%	48%	86%	60%
			prior:																									64%	79%	48%	86%	60%
			média*FR:																									64%	79%	48%	86%	60%
			SOMA DAS ATIVIDADES (TEMPO/PEÇA):																									18,3	14,0	22,0	12,9	20
			OCUPAÇÃO/PEÇA/CICLO:																									36,5	28,0	44,1	25,9	40
			(% OCUPAÇÃO/CICLO:																									83%	64%	100%	59%	91%
			tempo livre:																									17%	36%	0%	41%	9%
			média:																									17%	36%	0%	41%	9%
			prior:																									17%	36%	0%	41%	9%
			média*FR:																									17%	36%	0%	41%	9%

Tabela B.14: Estudo de amostragem das operações na peça *Brancard* (estado atual)

MOLDE:	8184	TEMPO DE CICLO TEÓRICO:	33	POSTO:	KM18X1	Nº MOD:	0,5	CONFIANÇA:	95%	Nº CRONO (T)	20																						
PEÇA:	BRANCARD	CAVIDADES:	2	DATA:	08/03/2017	F.RITMO:	1,1	PRECISÃO:	10%	Nº CRONO	23																						
Nº OP.	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	Nº PEÇAS/CRONO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	TEMPO/PEÇA (média)	TEMPO/PEÇA (melhor)	TEMPO/PEÇA (pioor)	TEMPO V/A /PEÇA (média)	MÉDIA *FR	
1	Recolher peça e analisar segundo GC;	1	3	4	4	3	3	2	2	3	2	3	2	3	2	2	3	3	3	3	3	2	4	3	3				2,8	2,0	4,0	0,0	3,1
2	Carimbar e embalar segundo GE;	1	3	3	3	4	2	3	3	2	3	3	4	3	3	2	3	4	3	3	3	3	3	3				3,1	2,0	4,0	0,0	3,4	
3	Trocar embalagens + etiqueta Poka Yoke;	120	83																									0,7	0,0	0,7	0,0	0,8	
TOTAL V/A:		0	SOMA DAS ATIVIDADES (TEMPO/PEÇA):																									6,6	4,0	8,7	0,0	7	
TOTAL:		3	OCUPAÇÃO(CICLO):																									26,4	16,0	34,8	0,0	29	
			(%) OCUPAÇÃO(CICLO):																									80%	49%	105%	0%	88%	
			tempo livre:																									30%	51%	5%	100%	12%	
			média																									melhor	melhor	pire	V/A	média FR	

Tabela B.15: Estudo de amostragem das operações na peça *Rail Tendelet* (estado atual)

MOLDE:	8172	TEMPO DE CICLO TEÓRICO:	46	POSTO:	EN30VII	Nº MOD:	1	CONFIANÇA:	95%	Nº CRONO (T)	23																							
PEÇA:	RAIL TENDELET	CAVIDADES:	2	DATA:	07/03/2017	F.RITMO:	1	PRECISÃO:	10%	Nº CRONO	24																							
Nº OP.	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	Nº PEÇAS/CRONO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	TEMPO/PEÇA (média)	TEMPO/PEÇA (melhor)	TEMPO/PEÇA (pioor)	TEMPO V/A /PEÇA (média)	MÉDIA *FR		
1	Recolher peça e analisar segundo GC;	1	2	4	2	2	3	2	4	3	3	4	3	2	4	3	2	3	3	3	4	3	3	4	4				3,0	2,0	4,0	0,0	3,0	
2	Montar Assy Lock ;	1	5	7	6	4	6	6	7	5	5	5	6	5	6	6	7	7	5	6	6	6	7	8	5	5				5,9	4,0	8,0	5,9	5,9
3	Montar 2 Clips azuis;	1	8	5	11	10	11	9	8	9	8	7	10	9	11	8	10	11	7	7	9	10	7	7	7	10				8,7	5,0	11,0	8,7	8,7
4	Carimbar e embalar segundo GE;	1	3	2	5	4	5	5	4	4	3	3	3	4	3	4	4	5	5	4	5	2	5	5	4	4				4,0	2,0	5,0	0,0	4,0
5	Trocar de embalagem + etiqueta Poka-Yoke		60	75														60											1,1	0,0	1,3	0,0	1,1	
TOTAL V/A:		2	SOMIA DAS ATIVIDADES (TEMPO/PEÇA):																									22,7	13,0	29,3	14,6	23		
TOTAL:		5	OCUPAÇÃO(PAX/CICLO):																									45,4	26,0	58,5	29,2	45		
			(%) OCUPAÇÃO(CICLO):																									99%	57%	127%	63%	99%		
			(tempo livre):																									1%	43%	-27%	37%	1%		
			média																									melhor	melhor	pioor	V/A	média FR		

Tabela B.18: Estudo de amostragem das operações na peça *Cache Charniere* (estado atual)

MOLDE:		8601		TEMPO DE CICLO TEÓRICO:		25		POSTO:		KM150VII		Nº MOD:		1		CONFIANÇA:		95%		Nº CRONO (T):		22																																											
PEÇA:		CACHE CHARNIERE		CAVIDADES:		2		DATA:		07/03/2017		F.RITMO:		1,2		PRECISÃO:		10%		Nº CRONO		23																																											
				CRONOMETRAGENS																																																													
Nº OP.		DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE		VA		Nº PEÇAS/ CRONO		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		TEMPO/ PEÇA (média)		TEMPO/ PEÇA (melhor)		TEMPO/ PEÇA (pior)		TEMPO VA /PEÇA *FR (média)	
1		Recolher peça, analisar e carimbar segundo GC;				1		2		3		3		3		3		2		2		2		3		2		1		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2,3		1,0		3,0		0,0									
2		1		Embalar segundo GC;				1		2		3		2		2		3		2		3		3		3		2		3		2		3		2		3		1		3		2				2,5		1,0		3,0		0,0											
3		1		Mudar nível embalagem;				20		27		32		29		29		33		34		31		21		18		21																				1,4		0,1		1,7		0,0											
4		1		Trocar de embalagens + etiqueta Poke-yoke.				400		243																																						0,6		0,0		0,6		0,0											
				TOTAL VA:		0																																										SOMA DAS ATIVIDADES (TEMPO/PEÇA):		6,8		2,1		8,3		0,0		8							
				TOTAL:		4																																										OCUPAÇÃO PAX/CICLO:		13,5		4,1		16,6		0,0		16							

Tabela B.19: Estudo de amostragem das operações na peça *Dormant* (estado futuro)

MOLDE		8004		TEMPO DE CICLO TEÓRICO		32		POSTO		KM150IX		Nº MOD		1		CONFIANÇA		95%		Nº CRONO (T)		18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
PEÇA:		DORMANT		CAVIDADES		2		DATA		15/05/2017		F.RITMO		1,2		PRECISÃO		10%		Nº CRONO		20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Nº OP.		DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE		VA		Nº PEÇAS/ CRONO		CRONOMETRAGENS																	TEMPO/ PEÇA (média)		TEMPO/ PEÇA (melhor)		TEMPO/ PEÇA (pioor)		VA /PEÇA (média)		MÉDIA *FR																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1		Recolher peça e analisar segundo a GC;				1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

Tabela B.20: Estudo de amostragem das operações na peça *Lat de Virre* (estado futuro)

MOLDE:	8601	POSTO:	KM150V17	Nº MOD:	1	CONFIANÇA:	95%	Nº CRONO (I)	22																								
PEÇA:	CACHE CHARNIERE	CAVIDADES:	2	F.RITMO:	1,2	PRECISÃO:	10%	Nº CRONO	23																								
Nº OP.	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	Nº PEÇAS/CRONO	CRONOMETRAGENS															MÉDIA *PR															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	TEMPO PEÇA (média)	TEMPO PEÇA (melhor)	TEMPO PEÇA (pior)		
1	1	Recolher peça, analisar e carimbar segundo GC;	1	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2				2,3	1,0	3,0	0,0	2,7
2	1	Embalar segundo GC;	1	2	3	2	2	3	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	1	3	2				2,5	1,0	3,0	0,0	3,0	
3	1	Mudar nível embalagem;	20	27	32	29	29	33	34	31	21	18	21															1,4	0,1	1,7	0,0	1,7	
4	1	Trocar de embalagens + etiqueta Poke-yoke.	400	243																								0,6	0,0	0,6	0,0	0,7	
TOTAL VA:			0	SOMA DAS ATIVIDADES (TEMPO/PEÇA):																									6,8	2,1	8,3	0,0	8
TOTAL:			4	OCUPAÇÃO PAX./CICLO:																									13,5	4,1	16,6	0,0	16
				(% OCUPAÇÃO/CICLO):																									54%	17%	66%	0%	65%
				tempo livre:																									46%	83%	34%	100%	35%
																													média	melhor	pior	VA	média PR

Tabela B.21: Estudo de amostragem das operações na peça *Pdc Partie Sup* (estado futuro)

MOLDE:	8105	POSTO:	KM150X	Nº MOD:	1	CONFIANÇA:	Nº CRONO (I)	7																			
PEÇA:	PDC PARTIE SUP	CAVIDADES:	2	F.RITMO:	1.2	PRECISÃO:	Nº CRONO	15																			
Nº OP.	Nº PEÇAS/ CRONO	CRONOMETRAGENS															MÉDIA *PR										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	1	10	11	9	8	8	9	9	9	8	10	8	8	9	12	10		9.2	8.0	12.0	0.0	11.0					
3	1																	0.2	0.0	0.2	0.0	0.3					
TOTAL VA:		0	SOMA DAS ATIVIDADES (TEMPO/PEÇA):															9.4	8.0	12.2	0.0	11					
TOTAL:		2	OCUPAÇÃO PAX./CICLO:															18.9	16.0	24.5	0.0	23					
			(% OCUPAÇÃO/CICLO):															37%	31%	48%	0%	44%					
			tempo livre:															63%	69%	52%	100%	56%					
																		média	melhor	pior	VA	melhor PR					

Anexo C

Análise dos defeitos e paragens na produção

Os tipos de paragens na produção e respetivos códigos estão ilustrados na Tabela C.3. As não conformidades mais comuns na produção são ilustradas na Tabela C.1. A Tabela C.3 serviu de apoio ao evento *kaizen* na definição dos moldes aos quais seria necessário intervir para reduzir o número de peças não conformes.

A Tabela C.4 identifica os tipos de paragens na produção por molde do projeto. Os somatórios das paragens por molde não contemplam as paragens programadas como a mudança de molde, ensaios de molde ou fim-de-semana.

Tabela C.1: Códigos e designação dos diferentes tipos de paragens na produção

PARAGENS PRODUÇÃO			
PARAGENS PRODUÇÃO		MANUTENÇÃO	
1B	Espera Afinador	6A	Avaria Molde/Ferramenta
1C	Afinação Periférico	6C	Avaria Robot
1D	Falta Operador	6D	Avaria Periférico
1E	Falta Equipamento (Especificar)	6E	Manutenção Programada
1F	Rendição	6F	Falta Energia/ Ar Comprimido
1G	Ensaio		
1I	Erro Operação		
1L	Afinação Robot		
TNA			
2A	Paragem Técnica		
2B	Fim de semana		
2C	Ensaio (interno)		
SMED			
3A	Mudar Molde/Ferramenta		
3B	Afinação Robot		
3C	Afinação Periférico		
3F	Mudança Não Planificada		
3I	Mudar Versão		
3J	Mudar Cor		
LOGÍSTICA			
4A	Falta Embalagem		
4B	Falta Acessórios		
QUALIDADE			
5A	Paragem Qualidade (Especificar)		

Tabela C.2: Códigos e designação dos diferentes tipos de defeitos na produção

DEFEITOS INJEÇÃO			
DEFEITOS INJEÇÃO		IMD/IML	
1A	Incompletos	7A	Falta IMD / IML
1B	Queimados	7B	Impurezas no IMD / IML
1C	Rebarbas	7C	IMD / IML Descentrada
1D	Deformações	7D	IMD / IML Cortada
1E	Manchas	PROCESSO ARRANQUE	
1F	Chupados	9A	Arranque - Incompletos
1G	Riscos	9B	Arranque - Queimados
1H	Pintas	9C	Arranque - Rebarbas
1I	Gorduras	9D	Arranque - Empenos ou Deformações
1J	Marcas de Extração	9E	Arranque - Manchas ou Brilhos
1K	Bolhas de Ar	9F	Arranque - Chupados
1L	Raiados	9G	Arranque - Pintas
1M	Partidas	9H	Arranque - Gorduras
1N	União de Material	9I	Arranque - Marcas de Extração/Forçados
1P	Cor não Conforme	9J	Arranque - Raiados
1Q	Dimensional não conforme	9K	Arranque - Uniões de Materiais
1S	Controlo Parametros	9L	Arranque - Cor não Conforme
1T	Pecas fim de produção	9M	Arranque - Bolhas
1U	Brilhos	9N	Arranque - Rugas
GÁS		9O	Arranque - Tecido Descentrado
2A	Sem Gás	9Q	Arranque - Projeções / Migrações
2B	Paredes Finas	9S	Arranque - Peças de Purga
TECIDO		REARRANQUE	
3A	Rugas	9T	Rearranque
3B	Tecido Curto/Em Excesso		
3C	Sem Tecido		
3D	Material Sobreposto (Migração)		

Tabela C.3: Análise dos PPMs do projeto SP010/14




Grupo Simoldes Plastic Division		Análise dos PPMs (Parts Per Million)																		Projeto:		SP010/14				Início análise:		01/02/2017																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		Defeitos produção																		Carro:		Renault Megan Sport Tourer 2016				Fim análise:		30/04/2017																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
																				Defeitos arranque																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Molde	Principais defeitos																		1A	1B	1C	1D	1E	1F	1G	1H	1I	1J	1K	1L	1M	1N	1Q	1S	1T	1U	3A	3B	3C	3D	3E	3G	3K	3L	3M	3N	3O	4C	4D	9A	9C	9D	9E	9F	9G	9H	9I	9J	9M	9N	9O	9Q	9T	Total /molde																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
8092	Manchas e Raiados																		0	0	0	0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabela C.4: Análise das paragens na produção do projeto SP010/14

<div><div><div><div>Grupo</div><div>Simoldes</div><div>Plastic Division</div></div></div></div>		Análise das Paragens										Projeto: SP010/14		Início análise: 01/02/2017		Fim análise: 30/04/2017																						
				Carro: Renault Megane Sport Tourer 2016																																		
Molde	Principais paragens não programadas	Paragens produção																														Total /molde						
		1A	1B	1C	1D	1E	1F	1G	1H	1I	1J	1K	2A	1L	2B	2C	3A	3B	3C	3D	3E	3F	3G	3H	3I	4A	4B	4C	4D	5A	6A		6B	6C	6D	6E	6F	
8092	Avaria molde	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
8094	Afinação periférico	1	0	8	0	0	0	0	0	0	1	0	8	0	98	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	7	0	13
8095	Avaria molde	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	8	1	0	0	0	0	17	
8096	Avaria periférico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97	0	7	0	0	2	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	1	1	0	3	0	0	8	
8097	Pinos e Manchas	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	84	0	512	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
8098	Avaria Robot	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	1	0	19	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	3	
8099	Falta Embalagem	0	1	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	14	1	15	0	4	0	0	1	0	0	0	1	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	19	
8100	Avaria Robot	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	1	0	12	
8102	Afinação periférico	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	
8103		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
8104	Avaria Robot	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3		
8105	Afinação periférico	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	4	
8172	Avaria Robot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	22	0	96	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6	
8184		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3		
8185	Falta Embalagem	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	16	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
8321	Afinação robot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	1	512	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
8601	Avaria periférico	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	13	0	1	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
Total Paragens:																																102						

Anexo D

Tabelas de custos operacionais

As Tabelas D.1 e D.2 foram fornecidas pela empresa para auxílio do cálculo dos ganhos financeiros associados ao projeto.

Tabela D.1: Custos energéticos de produção em função do tipo de máquina

Tipo de máquina injeção	Custo /h em Portugal
80 T	€8,54
110 T	€10,66
125 T	€10,66
140 bi+TP T	€14,79
150 T	€10,66
200 T	€16,07
200bi T	€16,07
225 T	€16,07
240 vrt T	€20,90
250 T	€22,82
270 T	€22,82
275 T	€22,82
280 T	€22,82
300 T	€22,82
300 bi T	€22,82
350 T	€28,42
400 T	€28,42
400 bi T	€28,42
420 T	€28,42
500 T	€31,52
550 T	€31,52
600 T	€38,25
650 T	€38,25
700 T	€41,93
800 T	€50,34
850 T	€50,34
900 T	€50,94
1000 T	€58,58
1000 bi T	€58,58
1100 T	€64,73
1300 T	€73,39
1400 bi T	€74,74
1500 T	€82,65
1600 T	€88,47
2000 T	€91,00
2700 T	€110,62
3200 T	€134,38
Bi-injeção	€10,52
Prato rotativo	€5,83
Gás	€29,29
Laser	€18,03
Tampografia	€7,22

Tabela D.2: Custos associados à produção

Atividade	Custo
Preço mão-de-obra (€/h)	10,85
Mixing (€/kg)	0,01
WH material OH (%)	2,61%
WH fp (€/ IN/OUT)	1,32

Referências

- Alan Altshuler, Martin Anderson, Daniel Jones, Daniel Ross e James Womack. The future of the automobile: The report of mit's international automobile program. *MIT*, 1984.
- Eduardo Beira. *Indústria de moldes no Norte de Portugal: Protagonistas*. CENTIMFE, 2007.
- Andrea Chiarini. Lean organization: from the tools of the toyota production system to lean office. *Springer*, (Perspectives in Business Culture), 2013.
- Elizabeth A. Cudney. *Using Hoshin Kanri to Improve the Value Stream*. Taylor and Francis, 2009.
- William Edwards Deming. *Out of the Crisis*. The MIT Press, 1986.
- Andrew P. Dillon e Shigeo Shingo. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. CRC Press, 1985.
- Michael L. George. *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*. McGraw-Hill Education, 2002.
- Glover, Wiljeana, Jennifer Farris, Elieen Van Aken e Toni Doolen. Critical success factors for the sustainability of kaizen event human resource outcomes: An empirical study. *International Journal of Production Economics*, 132(2), 2011.
- Mikel Harry e Richard Schroeder. *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. Crown Business, 2006.
- Mikel J. Harry. *The Nature of Six Sigma Quality*. Motorola Univ Pr, 1988.
- Peter Hines, Nick Rich, John Bicheno, David Brunt, David Taylor, Chris Butterworth e James Sullivan. Value stream management. *The International Journal of Logistics Management*, 9(1), 1998.
- David Hounshell. *From the American System to Mass Production*. Johns Hopkins University Press, 1987.
- Masaaki Imai. *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill, 1986.
- Kaoru Ishikawa. *Quality control circles at work: cases from Japan's manufacturing and service sectors: with special contribution*. Asian Productivity Organization, 1984.
- Suchana A. Jahan e Hazim El-Mounayri. Optimal conformal cooling channels in 3d printed dies for plastic injection molding. *Procedia Manufacturing*, 5, 2016.
- John F. Krafcik. Triumph of the lean production system. *MIT Sloan Management Review*, 30(1): 14, 1988.

- António Pedro Lacerda, Ana Raquel Xambre e Helena Maria Alvelos. Applying value stream mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. *International Journal of Production Research*, 54(6), 2016.
- Jeffrey Liker e David Meier. *The Toyota Way Fieldbook*. McGraw-Hill Education, 2003.
- Ricardo Filipe Alves Devezas de Correia Lima. Contributo de algumas ferramentas lean na melhoria do processo produtivo de um projeto da empresa simoldes plásticos. Thesis, Universidade de Aveiro, 2014.
- Seiichi Nakajima. *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press, 1988.
- Taiichi Ohno. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Taylor and Francis, 1988.
- Nick Rich Peter Hines. The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations and Production Management*, 17(1), 1997.
- Moldes Injeção Plásticos. 2013, Acedido a 9 de Junho 2017. URL www.moldesinjecaoplasticos.com.br.
- Joaquim Silva Ribeiro e Victor Sequeira Roldão. *Gestão das Operações: Uma abordagem integrada*. Monitor, 2014.
- Jorge Rosa. Indústria automóvel e componentes. *Portugalglobal*, 2016.
- Mike Rother. *Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results*. McGraw-Hill Education, 2009.
- Mike Rother e John Shook. *Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute, 1998.
- Shigeo Shingo. *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. Taylor and Francis, 1989.
- Denise Loyola Silva. Value stream mapping: Uma revisão sistemática da literatura. tese de mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2015.
- Simoldes. *Manual de Acolhimento e Integração do(a) Colaborador*. Divisão Plásticos do Grupo Simoldes, 2016.
- Simoldes. 2015, Acedido a 21 de Março 2017. URL <http://www.simoldes.com>.
- Donna C. S. Summers. *Lean Six Sigma: Process Improvement Tools and Techniques*. Prentice Hall, 2011.
- Salman Taghizadegan. *Essentials of Lean Six Sigma*. Elsevier, 2006.
- Frederick Winslow Taylor. *The Principles of Scientific Management*. Harper and Brothers, 1911.
- Tony Vee e Nicki Vee. *The Fast Guide to OEE*. Vorne Industries Inc., Itasca, IL USA, 2002.
- James P. Womack e Daniel T. Jones. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Touchstone, 1996.
- James P. Womack e Daniel T. Jones. *The Machine that Changed the World*. Simon and Schuster, 1990.